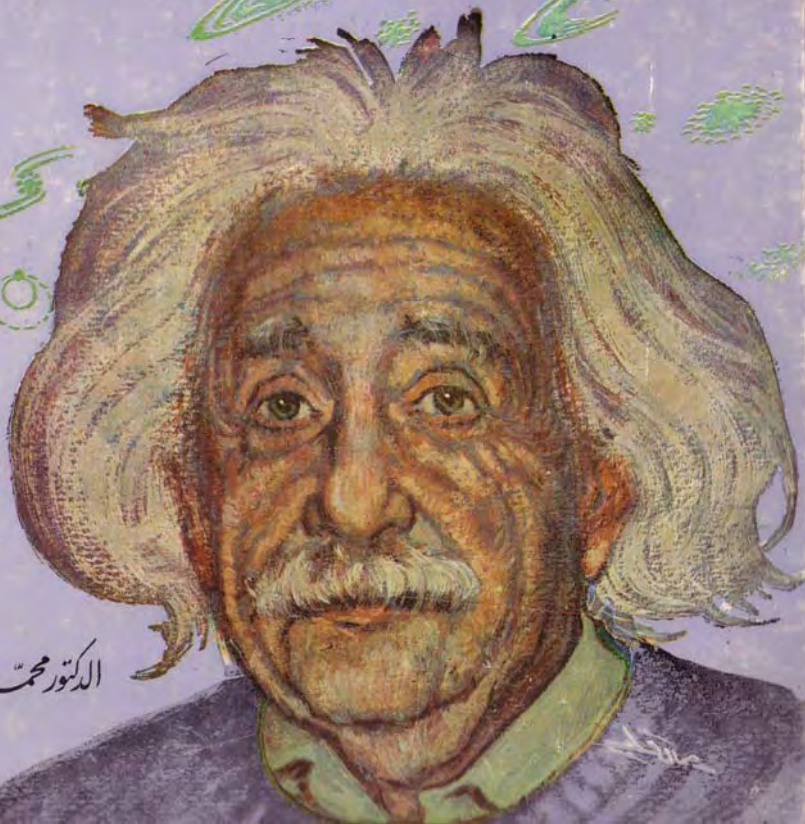


اينشتاين

و

النظرية النسبية



الدكتور محمد عبد الرحمن مرحباً

هذا الكتاب

ان اكثر ما يحيط بنظرية النسبية من غموض مرجعه تلك الصعوبة التي يجدها الانسان في القول بان الاحساس بالزمن - بشأن الاحساس باللون - صورة من الادراك الحسي فكما ان اللون لا وجود له اذا لم توجد عين تميزه ، فكذلك الدقيقة والساعة ليسا شيئاً اذا لم تكونا اماراة على حادثة ، وكما ان المكان ليس غير نظام الاشياء المادية فكذلك الزمان ليس غير نظام الحوادث .

ولقد الح آنشتين على هذه الفكرة : ذاتية الزمان ، ولم يكل عن ترديدها في جميع كتبه او اهمها على الاقل فقال في الصفحة الاولى من « اربع محاضرات في النظرية النسبية مثلاً » تبندو لنا خيرات الفرد منسقة في سلسلة من الحوادث وتبدو لنا كل حادثة من هذه السلسلة كأنما هي منتظمة تبعاً لمعيار « قبل » او « بعد » « والمتقدم » او « المتأخر » « والسابق » او « اللاحق » وبالتالي فلكل فرد « انا - زمان » او « زمان - شخصي او ذاتي . وهذا الزمان لا سبيل الى قياسه .

محمد عبد الرحمن مرحبا
دكتور دولة في الفلسفة

الدكتور
عبد الرحمن مَرْحَبَا

انسيتين والنظريتين النسبية

كل القائلين
ببيروت - لبنان

١٩٥٨	كلون الثاني	الطبعة الأولى
١٩٦٣	آذار	د الثانية
١٩٦٤	شباط	د الثالثة
١٩٦٩	حزيران	د الرابعة
١٩٧٠	تموز	د الخامسة
١٩٧٢	تموز	د السادسة
١٩٧٤	نيسان	د السابعة

ان اشد الاشياء استفلافاً على العقل
في هذا العالم ان العالم يمكن تحمله .

انشتين

المقدمة

إن من أهداف هذه «الموسوعة» ان تعرض للقضية الفلسفية عامة وأن تقدم إلى المواطن العربي خلاصة وافية للتيارات الفلسفية في العالم لا سيما ما تعلق منها بفلسفة العلوم — أو الفلسفة العلمية — وأن تفتح عينه على عصره الخصب المبرح المتطور ، وتُبصره بعظم المساهمة النبيلة التي قام — ولا يزال — يقوم بها أساطين الفكر في العالم ، وتُحفّزه على الخدمات الجليلة التي أسدوها إلى الحضارة الانسانية حتى بلغت مبلغها اليوم . وهي تأمل أن تصبح زاداً فكرياً لا غنى للمثقف العربي عنه وعوناً له على حل مشكلاته ، ووازعاً لكل ما يفتق قريحته ويطلق وحيه والهامه ويزيد إيمانه بمبقرية الفكر .

ولن تألو هذه «الموسوعة» جهداً في أن تلتين من قناة الفلسفة والفلسفة العلمية بنوع خاص ، وتذلل شعابها ، وتبسط صفاتها ، دونما سطحية مُسفة ، تقنية منفرة ، بحيث يفهما كل من صبح عزمه ، ويألف جوها كل من صدقت نيته ، فلا يلبث أن يتنوقها ويسيفها كما يتنوق القصص والشعر ويسيفه ..

ويعيننا أن هذه «الموسوعة» قد ولدت لتعيش ، وأن في قيامها في هذه

الحقبة من تاريخنا ما يعيدُ بأحسن النتائج وأطيب الثمرات .



وقد آثرنا أن نتوج العدد الأول منها بالكلام عن آينشتين لما يتمتع به من عبقرية فذة ، ولأنه خير من يمثل هذا العصر ، ولتهيئة الأذهان لفهم ما يتلو هذا العدد من أبحاث ، وحديثاً قيل : « إذا أردت أن تفهم القرن العشرين فعليك بآينشتين أولاً » .

ان نظرية آينشتين هي من أشد نظريات العلم تعقيداً وإيهاماً . ومع ذلك فاني سأذلها للفهام تذكلاً ، وسأطوعها للأذهان تطويماً ، وسأظهرها في ثوب قشيب وحلة زاهية . ولن أخوض في الذبول الرياضية ولا التفاصيل الفنية التي تعقد ذهن القارئ ، وتقعه ثقته بنفسه . وسأحرص كل الحرص على ألا يذهب التلخيص بمقريه هذه النظرية وألا يسلبها حقيقتها ورواءها . فإن وفقت فهذا غاية ما أرجو والا فليست أول من أخفق .

وسأقسم هذا الكتيب إلى ثلاثة أقسام : فأتكلم في القسم الأول عن سيرة آينشتين وقصة حياته السياسية والاجتماعية . وقد أطلت الكلام في هذا الباب لثلاثة أسباب : أولاً انه لا يوجد في العربية ترجمة وافية لحياة هذا الرجل . وثانياً لأن نشر حياة العظماء له أثر تربوي كبير في نفوس الناشئة ، فلا يتسرب اليها القنوط ، بل يحفزها حال العبقرى إلى النضال والمثابرة وينبها إلى امكانياتها الزاخرة عسى أن تنهيا لها أسباب الخلق وتساهم في مجد الفكر . ثالثاً لأن في تتبع حياة صاحب نظرية من النظريات معواناً للقارئ على ان يحيا هذه النظرية ويمثلها ويندمج في جوها .

واتكلم في القسم الثاني عن نظرية النسبية الخاصة والعامة وعن نظرية المجال الموحد . واتكلم في القسم الثالث عن فلسفته .

واني لأرجو أن يقع هذا العدد الأول من نفوس القراء موقعاً حسناً وأن
يكون مقدمة طيبة لما سيعقبه من أبحاث . واني أتقبل كل نقد نزيه رائده
الاخلاص والصدق وقائده المصلحة العامة والوصول إلى الحقيقة . ولا أبرئ
نفسي ان النفس خطاءة ضلالة ، وخير الخطأ ما استُدرك .

عبد الرحمن موحباً

١

ان ابعد ما تذهب اليه ذاكرة آنشتين هو ان اسلافه من ابيه وامه كانوا يعيشون في مدائن صغيرة او في دساكر من مقاطعة شوابن جنوبي غربي المانيا . لقد كانوا جميعاً من الطبقة المتوسطة ، ولم ينجب منهم ابدأ من يسترعي الانتباه في قوة الذكاء او حدة الذهن او فيض القريحة . يقول آنشتين في هذا الصدد : « ان الظروف التي كانوا يعيشون فيها كانت ضحالة فلم تتح لهم مجالاً للظهور » .

ولقد كان ذلك حال اليهود عموماً في ذلك الصقع : خول وكسل وتواكل . ولم تكن لهم رابطة تجمعهم كشأن سائر يهود العالم . وكذلك لم تستأثر التوراة بالبايهم فكانت تنزل منهم منزلة اي كتاب ادبي من ادباء الالمان الكلاسيكيين . فكان شيلر ولسنج وهابن يعدلون سليمان وكتاب ايوب ، لا سيما الاول ، فقد كان يحتل مكاناً خاصاً في قلوبهم وفي تنشئة ذرائعهم .

●

ولد البرت آنشتين في ١٤ آذار (مارس) عام ١٨٧٩ في اولم وهي مدينة صغيرة من اعمال ورتتبرغ لم يكن لها شأن يذكر في حياته ، لان عائلته قد انتقلت الى ميونيخ بعد عام من ولادته . وفي العام التالي ولدت له اخت فكانا

وحيدى ابويها . لقد كانت ميونيخ - وهي الحاضرة التي قضى آنشتين شرح
شبابه فيها - المركز السياسي والعقلي لالمانيا الجنوبية .

لقد كان هرمان آنشتين - والد البرت - صاحب مصنع كهر - كيميائي
صغير يشرف عليه هو وأخوه الذي كان يساكن العائلة ، فكان هذا المدير الفني ،
وكان هرمان ممول المشروع . وكان يحلو له وقد انجز عمله اليومي ان يرتفق
امرته الى ظاهر المدينة ليروحوا عن أنفسهم . فكانوا يقصدون الى الجبال
الراسية والبحيرات الحاملة والسهب الوادعة . لقد كان الاب مارقاً من الدين ،
ولم يبق له من تقاليد العائلة اليهودية سوى التعلق بالشعر الالمانى ، ولا سيما شيلر
وهابن . واما الصوم والطقوس الدينية الاخرى فلم تكن في نظره الا من
خرافات القرون الاولى . والخلاصة ان العادات اليهودية القديمة قد زالت من
افراد العائلة معالما ، وكانت مسرحيات شيلر وقصائده بديلا لهم من قراءة
التوراة .

واما من الناحية السياسية فقد كان والد آنشتين كشان غيره يرهب الحكم
البروسى ، ولكنه كان يعجب ايما اعجاب بالدولة الالمانية الناشئة واقطاعها ،
بالرئيس بسمارلا ، والجنرال مولتكه ، والامبراطور الشيخ غليوم
الاول .

واما والدة آنشتين - بولين كوخ - فقد كانت من عشاق الموسيقى ومن
صاحبات النكتة ، وهما خلتان بارزتان ستورثها الى وليدها .

لقد كان العم الذي يساكن الاسرة اكثر من الوالد اهتماما
بدقائق الامور العقلية . فهو مهندس محنك ، واليه ينزع البرت الصغير في كلفه
بالرياضيات .

لا جرم ان هذه البيئة التي نشأ فيها البرت آنشتين ، وهي بيئة نصف ريفية ، كان لها اثر كبير في غوه النفسي . فهو لم يصبح قط من عشاق المدن ، فكان دائماً يشفق من برلين ، وكذلك سيكون موقفه من نيويورك . وقريب من هذا طابعه الفني الذي بدا لسكان برلين العصريين هوساً قديماً . فهيامه برجال الادب والموسيقى الكلاسيكيين من الالمان ظهر في عصر كانت الدوائر العقلية فيه من العاصمة الالمانية تنظر الى هذه الاذواق نظرتها الى شيء قديم قد مضى عهده . وهكذا كان تعلقه بشيلر من الملامح التي جعلته من أتباع حضارة لا تنتسب الى برلين القرن العشرين .

لم يكن البرت الصغير طفلاً فذاً ، بل لقد استغرق تعليمه النطق وقتاً طويلاً ، حتى لقد خشي ذووه أن يكون به 'جنتة' . وأخيراً بدأ الطفل ينطق ، ولكنه ظل صموتاً ولم يأنس الى اللعب والركض . ولعل ذلك لضعف في بنيته . ولقد حُبب اليه الحلاء منذ نعومة أظفاره ، فكان ينزل عن أقرانه ويستغرق في التأمل الطويل وكان أبغض الاشياء اليه أن يشارك الاطفال في الماهم العسكرية وأن يشهد الاستعراضات التي كان يقوم بها الجنود الحقيقيون . وكان يقول لابويه : « أرجو ألا أكون أحد هؤلاء البؤساء عندما أصبح كبيراً » ، ولعل هذه الكراهية اولى بوادر كرهه للحرب وحبه للسلام ودعوته للتفاهم بين الشعوب .

وفي المدرسة كان البرت التلميذ اليهودي الوحيد بين التلاميذ الكاثوليك .

وكان من أحض ما يمتاز به شعوره الديني آنذاك انه لم يكن يرى كبير فرق بين الكتلكة التي تلقاها في المدرسة وبين روايب التقاليد اليهودية التي تزعزع عليها في البيت . وقد انصهر ذلك كله في نفسه واستحال الى احساس عميق بخضوع الكون بأسره لنواميس عامة لا يخرج عليها . وكان يضيق ذرعاً بأبويه عندما كانا يسخران بالطقوس الدينية ، لأن شعوره القوي بهذه النواميس وهو لا يزال طفلاً لم يجد متنفساً له خيراً من احترام تلك الطقوس ، فكان يرى ان هذه السخرية تُشعر بعدم انسجام التفكير ، وتظهره بمظهر التمرد على النواميس السرمدية لهذا العالم .

وكانت نظرتة الى المدرسة الالمانية في ذلك العهد لا تختلف عن نظرتة الى الشكنات العسكرية . فالتلاميذ يخضعون فيها لسلطة مؤسسة آلية ، تعصر الفرد ولا تدع له مجالاً لظهار امكانياته . فهم مقسورون على ضبط مواد الدراسة ضغطاً آلياً ، والنظام والطاعة هما جل ما يطلب منهم . يجب ان يجلسوا كأنما على رؤوسهم الطير عندما يخاطبهم الاستاذ ، ولا يجوز لهم أن يتكلموا اذا لم يُسألوا . وفي المدرسة الثانوية كان يسخر من دراسة اللاتينية واليونانية اللتين كان يلقي في روع التلاميذ تعسفاً ان تعلم نحوهما امر لا غنى عنه لتدريب الفكر وشحن القريحة .

لقد عرض عليه والده وهو ما يزال حدثاً بوصلة صغيرة ، فكان لها اعنى الاثر في نفسه بإبرتها الممغنطة السحرية التي تشير دائماً الى جهة بعينها مهما تكن وجهة اطارها . وعلى الرغم ألا وجود حولها لما يثير حركتها ، فقد استخلص طفلنا أن الفضاء الذي نعهده خالياً لا بد أن يوجد فيه ما يحرك الاجسام ويجعلها تدور في اتجاه بعينه . وسيكون لذلك أثر وأي أثر في حمل آنشتين الرجل على التفكير في خصائص الفضاء الملتفة .

ولما بلغ أشده اشتد ميله الى علوم الطبيعة ، فكان يقبل على كتب التبسيط العلمي للجمهور بنهم بالغ ، واهمها كتب هرون برنشتين في الحيوان والنبات والنجوم والشهب والبراكين والزلازل والمناخ ونحو ذلك ، وكذلك كتب بوختر لذي جمع معارف عصره ونظمها في قالب تصور فلسفي للوجود .

ان هيام البرت بالرياضيات قد ظهر في البيت لا في المدرسة : فعمه لا أستاذة هو الذي اوقفه لأول مرة على حقيقة علم الجبر قائلا له : « انه علم فيه سلوى . فعندما لا يقع الحيوان الذي نطارده في قبضتنا فاننا نسميه (س) مؤقتاً ، ونظل نطارده حتى نقنصه » . فهذا الضرب من التعلم وجد البرت متعة في حل المسائل البسيطة .

ووقع في يده لأول مرة وهو الثانية من عمره موجز في علم الهندسة وهو الكتاب المقرر من الفصل المدرسي الذي جاء للالتحاق به . فانكب على دراسته بنفسه لم ويدعه الا بعد ان فرغ من قراءته . فاعجب اشد العجب بطريقة المرض التي تتبع في هذا العلم وبتلاحق الادلة فيه التي يأخذ بعضها برقاب بعض ، وبوضوح الفكرة .

ومنذ السادسة من عمره حرص ابواه على تعليمه العزف على الكمان ، فلم يجد في ذلك اولا سوى ضرب من الاكراه جديد يضاف الى سلسلة متاعبه المدرسية . لكنه ما إن بلغ الثالثة عشرة حتى تعلم سونات موزارت وكلف بها اي كلف واجاد العزف اي اجادة !

وفي الرابعة عشرة طرأ تحول كبير على شعوره الديني . فبينما تلقى تعليمًا كاثوليكيًا في المدرسة الابتدائية ، واذا به في فترة التعليم الثانوي يتلقى التعليم اليهودي مع رهط من ابناء دينه . فاستهوت اول الامر تعليقات احبار اليهودية على حكم سليمان واجزاء اخرى من العهد القديم التي تعالج المسائل الخلقية .

لكنه من ناحية اخرى كان يشتمز لرؤية التلاميذ يساقون كالاغنام الى اداء
فريضهم الدينية سواء أتسوا بها ام لم يأنسوا . فلم يطق هذه الحال ولم يجد في
طقوس ملته الا خرافات عفى عليها الزمن من شأنها ان تنوق حرية الفكر .
فكفر بها ، ثم كفر بكل دين ، وظل على ذلك طيلة حياته .



ولما بلغ البرت الخامسة عشرة من عمره انتابت والده صعوبات مالية جعلته
يجزم امره لمغادرة ميونيخ ، والهجرة الى ميلان بايطاليا للعمل فيها . لكن
البرت لم يكن قد اتم دراسته الثانوية بعد ، فلقد كان من المسلم به في ذلك
الوقت ان شهادة التعليم الثانوي لا بد منها لدخول الجامعة . لذلك كان لازماً
عليه ان يظل وحده في ميونيخ .

لقد كان البرت متفوقاً على جميع اقرانه في الرياضيات ، ولكنه لم يكن
كذلك في اللغات القديمة . فكان يتألم اشد الألم لاضطراره الى تعلم مواد لا
يرغب فيها ، لكنها ضرورية للنجاح في الامتحان . وكان يضيق ذرعاً برفاقه
الذين كانوا يلحون عليه بضرورة مشاركتهم في الالعاب الرياضية . لقد كان في
الغالب على وفاق معهم ، ولكنه كان يكره النظام المدرسي والروح المدرسية
حتى ضاق به الطلاب والاساتذة على السواء .

ولما كان يطمح ان يكون حر الفكر مستقلاً فان تبرمه بمناهج الدراسة
البالية اخذ يزداد يوماً بعد يوم . لقد كان من اشد الاشياء على نفسه ان يسرد
اشياء لا يفهمها وان يحفظ قواعد لا يؤمن بها ، وكان في احيان كثيرة يؤثر
القصاص على هذه الحياة المملة . ثم لم يلبث أن ترك المدرسة غير آسف عليها بعد
أن حصل من استاذة على شهادة يُقر له فيها تفوقه في الرياضيات ، فغساها
تخوله الالتحاق بأحد معاهد التخصص العليا في الخارج . وفي هذه الاثناء
استدعاه أحد أساتذته وطلب اليه مغادرة المدرسة قائلاً : « ان وجودك في
المدرسة يهدم احترام التلاميذ (لاساتذتهم) » فكان ذلك ضغناً على إبالة .

ولما وصل إلى ميلان أعلن والدّه بعزمه على التخلي عن جنسيته الألمانية ، وعن عضويته الرسمية للطائفة الإسرائيلية . لقد بهرته إيطاليا بتأخفها وكنائسها وبموسيقاها التي تصدح في كل مكان ويشدو بها كل لسان . ولكن كل حال يزول . فلقد كان والده على موعد مع النكد وسوء الطالع . فقال له في أحد الأيام وقد أعيته الحيل : « أي بني ! لا أستطيع الإنفاق عليك بعد اليوم . يجب أن تدبر نفسك عملاً بأسرع ما يمكن »



إن كلف البرت بالفزياء والرياضة ، وحاجته إلى مهنة عملية ، وكون والده صاحب مهنة تقنية . كل أولئك كان يهيب به إلى دراسة العلوم التكنولوجية . لكنه من ناحية أخرى لما كان يفتقر إلى شهادة الدروس الثانوية ، مع أنه فذّ في العلوم الرياضية ، فقد حسب أن قبوله في معهد في أسهل من قبوله في الجامعة . فقصّد إلى مدرسة البوليتكنيك الاتحادية في زوريخ بسويسرا ، وما أدراك ما البوليتكنيك في ذلك الحين ! ولكنه لم يُقبل فيها لأنه لم ينجح إلا في مادة من مواد امتحان الدخول ، ألا وهي الرياضيات . لكن مدير المدرسة وقد بهره علو كعب انشتين في هذه المادة أشار عليه بالالتحاق بمدرسة أرواحدي مدرّس سويسرا ليحصل على دبلومها الذي يحوله حق الدخول في البوليتكنيك فالتحق بها على مضض ، لأنه حسبها على طراز مدرسة ميونيخ . ولكن مخاوفه تبددت . فلا ضغط ولا إرهاب . وكل شيء قد أُعد فيها إعداداً خاصاً من شأنه أن يشجع على التفكير الحر والعمل الشخصي . ولم تمض سنة حتى حصل على دبلوم هذه المدرسة ، فقبّل في البوليتكنيك من غير امتحان .

ولقد ظهر له هذه الأثناء أنه مهيب للفزياء لا للرياضة . ولكن دراسة الفزياء كانت سطحية في هذه المدرسة . بيد أن ذلك لم يفتّ من عضده ، بل كان له حافزاً إلى مطالعة كتب كبار العلماء الضالعين في هذه المادة ، من أمثال هسهولتز وكرشوف ، وبولتزمان ، ومكسويل ، وهرتز . وأما دراسة الرياضيات فقد

أوفت على الغاية في هذه المدرسة ، وكان من بين أساتذها هرمان مينوفسكي ، وهو روسي المولد ومن أقطاب الرياضة في عصره ، لكنه لم يكن يحسن التعليم ، فكان أنشتين لا يجد أي متعة في دروسه حتى لقد ترك الرياضيات من أجله . غير أنه لم يلبث أن عاد إلى صوابه بفضل هذا الأستاذ الفذ نفسه .

وأخيراً أتم أنشتين دراسته ولكن بعد أي لأي وضنك ! فعالة أبيه المالية كانت من العسر بحيث لم يكن يستطيع أن ينفق عليه الدائق . فكان أحد أقاربه الأثرياء يُمدّه بمبلغ مئة فرنك سويسري في الشهر . فلما أن فرغ من دراسته أخذ يبحث عن عمل . حاول أولاً أن يعمل مساعداً لأحد أساتذة مدرسة البوليتكنيك ، لكن أحداً منهم لم يرتضه مساعداً له . ثم حاول العمل في إحدى المدارس الثانوية فلم يُوفَّق . وكل ما حصل عليه هو وظيفة مؤقتة في مدرسة مهنية في مدينة ونترتور . فبعد بضعة شهور وجد نفسه بدون عمل .

نحن الآن في سنة ١٩٠١ . ففي هذه السنة بلغ انشتين الواحدة والعشرين من عمره ، وفيها اكتسب الجنسية السويسرية . قرأ في إحدى الصحف أن مدرساً في مدينة شافهوس يبحث عن مرب لتلميذين في مدرسة صغيرة يديرها . فيتقدم انشتين للعمل ويحاج طلبه . وأقبل على عمله بهمة وإخلاص . لكنه لم يستمر فيه لأن بقية المدرسين كانوا يفسدون عليه غرسه بتعسفهم وطرقهم البالية . فطلب الاستئثار بتعليم التلميذين بنفسه فنقم عليه مدير المدرسة وطرده من العمل لأنه عده متمرداً على نظام التعليم .

لا يزال انشتين يعاني عسراً . فلقد ذهبت جميع جهوده بحثاً عن عمل هباءً ، رغم أنه يحمل شهادة البوليتكنيك ورغم أنه أصبح مواطناً سويسرياً .

وفي هذه الأثناء لاح له بصيص من نور . فقد قدمه صديق في الدراسة واسمه مرسيل غروسمان إلى هالر مدير مكتب تسجيل براءات الاختراع في برن . وهو رجل ذكي مستقل حر التفكير . فراق له انشتين وقوسم فيه الخير ووجد له عملاً

في مكتبه يدر عليه مبلغ ثلاثة آلاف فرنك سويسري في العام .

وفي هذه الأثناء تزوج بـيلافا ماريتش زميلته في الدراسة . وهي مجرية الأصل وتدين بالأرثوذكسية اليونانية ، ولكنها مع ذلك حرة التفكير . وكانت أكبر منه قليلا ، فولدت له ولدين كان أكبرهما سمي " أبيه " فكان يحذب عليها ويرى أنه سعيد بهما .



كان انشتين محبا للخلوة . لقد كان يعشق الانسجام في العالم ، وكان يبحث عن هذا الانسجام في الموسيقى وفي الفيزياء الرياضية . وأما الأشياء الأخرى فلم تكن لتثيره إلا على قدر ما تساعد على بلوغ هذه الغاية . وكان يكره الصداقات الجارفة التي تعوق حريته وانطلاقه . فصراحته وشخصيته الجذابة جلبا له كثيرا من الأصدقاء ، ولكن حب العزلة ، والطريقة التي كان يهب بها نفسه للعلوم والفنون خييا آمال الكثيرين ممن كانوا يحسبون أنفسهم أصدقاء له ، بل كثيرا ما كان يصرح بأنه لم يتم أبدا من أعماق قلبه إلى بلد دون بلد ، ولا إلى دولة دون دولة ، حتى ولا إلى أصدقائه وأفراد عائلته . وكان يقول : « إن هذا العزوف يقض المضجع أحيانا ، ولكفي لست آسف مطلقا على حرمانني عطف الآخرين عليّ وتقهمهم لي . لاجرم أني أفقد بعض الأشياء ، ولكفي في مقابل ذلك أتححرر من عادات الآخرين وآرائهم ومبسراتهم . فأنا لست مستمدا للتضحية بصفاء نفسي في سبيل هذه الترهات . »



لما كان انشتين يهتم بالقوانين العامة للفيزياء . فسرعان ما وجد نفسه أمام مشاكل تتناولها في العادة كتب الفلاسفة . فخلافا لغيره من أصحاب الاختصاص كان لا يتورع عن مراجعة الكتب التي لا تدخل في دائرة اختصاصه . وكان يقبل على كتب الفلسفة يحدوه إلى ذلك عاملان متعارضان أحيانا ، فكان يقرأ بعض الفلاسفة بغية الاستفادة ويتعلم منهم حقا بعض الأشياء التي تساعد على تفهم طبيعة مبادئ العلم العامة ، ولا سيما علاقتها المنطقية بالنواميس التي تعبر

عن الملاحظات المباشرة . هؤلاء الفلاسفة هم دأود هيوم وارانست ماسخ وهنري بوانكاريه وإلى حد ما كنت . وكنت هذا يسوقنا للكلام عن العامل الثاني . فقد كان انشتين يحب قراءة بعض الفلاسفة لا ليقبس منهم ولكن ابتغاء التسلية ولأنهم سطحيون يتوخون الغموض في كل شيء على تفاوت بينهم ويتكلمون عن كل شيء . فشوبنهاور كان هذا الطراز ، وكان من انشتين يجد متعة في قراءته كما يجد المرء متعة في سماع خطب الوعظ والارشاد من غير أن يأخذ فلسفته مأخذ الجد . وكذلك كان ينظر إلى نيتشه .

بمعتبر عام ١٩٠٥ عاماً ثورياً في تاريخ العالم . فلاحداث فيه تترى وتسير سراعاً . والتاريخ يقفز . ففي هذه السنة نمت روسيا وأصبحت اليابان دولة عظمى ، وكان كل شيء يندرج بوشك اندلاع الحرب العالمية الاولى . وفي هذه السنة الحاسمة كان انشتين قليلاً ما يفكر في شؤون المستقبل . وفيها أيضاً قام بخطوات من شأنها أن تقلب وجهة نظرنا الكونية رأساً على عقب . ففيها قد وضع نظريته النسبية الخاصة ونظرية الكم ونظرية الحركة البراونية . وسنأتي عليها جميعاً .

ومن الطبيعي أن تسترعي النتائج الجديدة التي وصل اليها انشتين في برن اهتمام علماء الفيزياء في جامعات سويسرا كلها . وبدأ لهم أن هذه النتائج الخارقة لا تتفق مع منصب موظف بسيط في مكتب البراءة . فتعالت الصيحات من كل حدب وصوب تندد بهذا الحيف . وسعى وسطاء الخير لتعيينه أستاذاً في جامعة زوريخ . وكان كلاينر أستاذ الفيزياء شخصية مرموقة في ذلك الوقت . فكان يتابع كتابات انشتين وكان من أكبر المعجبين بها ولو لم يفهمها . فأخذ يستعمل نفوذه لتعيينه .

ولكن القوانين المعمول بها في زوريخ وألمانيا لا تسمح بتعيين استاذ ما لم يكن بريفاتدوزنت اي ما لم يسبق له التدريس في الجامعة باسمه وبصفته

الشخصية أولاً . فأي إنسان يأنس في نفسه القدرة على التدريس الجامعي يمكنه أن يتقدم بطلب إلى الجامعة بهذا الشأن . وهو ليس ملازماً بشيء وله أن يعطي القدر الذي يلائمه من الدروس ، ولكن الطلاب هم الذين يدفعون له أجره . وهكذا يتاح لأي عالم فرصة إظهار استمداداته التعليمية ، ثم يختار مجلس الجامعة من بين هؤلاء من تثبت جدارته لتعيينه أستاذاً رسمياً فيما بعد . ومن سوء هذا النظام أن العمل به لا يتنبأ إلا للأغنياء أو للذين لهم عمل آخر خارج الجامعة . وانتشتين الموظف في مكتب إبراءات من هذه الفئة الأخيرة . قد دخل في سلك التعليم الجامعي . وفي سنة ١٩٠٩ شغل كرسي الفزياء النظرية في جامعة زوريخ فأسند إلى انتشتين .

وهذا المنصب الجديد أضفى عليه حالة من المجد إلا أنه لا يدر عليه كبير كسب مادي . فراتبه الجديد لم يكن ليتجاوز راتبه في مكتب الإبراءات . والانكى من هذا أنه وقد ولج باب المجتمع الراقى لم يعد في وسعه أن يحيا حياة « دروشة » وتحقق وبساطة . فالمظاهر والمجاملات لا بد من مراعاتها . ولذلك فقد اضطرت زوجته إلى إيواء بعض الطلاب في بيتها لقاء أجر معلوم . قال انتشتين مازحاً : « في نظري النسبية لقد نثرت الساعات نثراً بغير حساب في القضاء . أما في عالم الحقيقة فاني أعاني عسراً في شراء ساعة واحدة أضعها في غرفتي ! »



لقد كان انتشتين يسلك مع جميع الناس على نحو واحد . فكان يخاطب المسؤولين في الجامعة كما يخاطب البقال أو خادمه في العمل . وكان ينظر إلى وقائع الحياة اليومية نظرة بشيع فيها المزول : فكان يلقي بالنكتة في موضعها ، وكان طريفاً حاضر البديهة . وكان يضعك ، وضحكك ينبثق من أعماق وجوده ، وكان ذلك من أكبر مميزات ، مما يثلج صدور الحاضرين . وكان في نكاته يتناول الكثيرين بالنقد اللاذع ، وكانت أحاديثه توحى جلسائه أنه

إنسان مليء بالحياة والبشر ، وإن صحبته فيها غنى و ثراء وتخلق جواً من
المرح والحبور .

وفي سنة ١٩١٠ شغل كرسي الفزياء النظرية في جامعة براغ الألمانية آنذاك
فاقترح البعض إسناده إلى علاءتنا الذي قبل أن يشغله بعد لأي لأنه يكره
الارتحال إلى بلد جديد . وكذلك زوجته لا تحب مفادرة زوريخ .
وكان العامل الحاسم في موافقته أن المنصب جدير بالقبول مادياً
ومعنوياً .

لكنه قامت في وجهه عقبة لا يدمن تحطيماً . ذلك بأن الامبراطور فرانسوا
جوزيف كان يرى أنه لا يجوز قبول أحد في منصب الأستاذية ما لم يكن
منتبياً إلى كنيسة معترف بها . ونحن نعلم أن آنشتين كان قد صبا وتخلى منذ
مفادرتة مدرسة ميونيخ عن جميع ارتباطاته الدينية . فقال للمسؤولين أنه كان
يهودياً طفلاً ، أما الآن فلا يقوم بالشعائر ولا يشهد الاحتفالات الدينية . فوصل
براغ وكانت قد سبقته شهرته التي طبقت الخافقين ، وكان الجميع يتطلع إلى لقائه
والاجتماع به .

وكان العرف في هذه المدينة يقضي بأن يزور كل أستاذ قادم من الخارج
زملاءه في الكلية . فأبدى آنشتين استعداده للقيام بالزيارات المطلوبة التي تربو
على الأربعين ، وأراد انتهاز هذه الفرصة للطواف في أحياء المدينة . ولكنه
رأى الدرب طويلاً والمعدد كثيراً فتوقف عن الزيارات لأنها مضیعة للوقت
مفسدة للعقل مجلبة للثرثرة . فنقم عليه الزملاء الذين لم يزرم وحسبوا منه ذلك
كبراً وترفعاً . وأما أولئك المحظوظون الذين ذهب لزيارتهم فقد تمسقوا شخصه
المرح ونظراته الودیعة الحاملة وانطلاقه عفو السجية .

والآن لتسائل : هل كان آنشتين أستاذاً مجيداً ؟ لقد اختلفت الآراء في
هذا الموضوع .

فيه خلتان أساسيتان جعلتا منه أستاذاً جيداً . الأولى رغبته في أن يكون مفيداً لأكبر عدد ممكن من أقرانه ، والثانية حسه الفني الذي يدفعه لا إلى أن يسوق أفكاره العلمية بوضوح ومنطق فمضب ، بل وكذلك إلى أن يعرضها في حلة بيّنة وبما يرضي عليها رواء وجمالاً . وكان يحرص على أن يتناول الموضوع في صور مختلفة وأن يكون مفهوماً من شق الطبقات . وكانت له قدرة فائقة على أسر مستمعيه ، وكان في ذلك ينطلق على سجيته ويتعاشى الخطابة والفلسفة والكلفة وحب الظهور . يضاف إلى ذلك خفة روحه ودعاباته الحية لا تؤذي أحداً ويحياء السعيد الطافح بالبشر كالطفل أمام هدية عيد الميلاد

كل أولئك يوحى بأن انشيتين بسبيل أن يكون استاذاً أو محاضراً ممتازاً لقد كان كذلك من غير شك في غالب الأحيان لكنه مع ذلك كان يضيق ذرعاً بالقاء محاضرات منتظمة ، لأن ذلك يتطلب منه تنظيم مادة البرنامج كلها بحيث تكون على مستوى واحد من الأثارة والتشويق طيلة أيام السنة . وهذا ما لا بد قبل له به من شأنه أن يستغرق منه جميع أوقاته ولا يمنعه الفراغ الذي لا بد منه للقيام بالبحاث الخاصة . فكل نشاط خلاق يتطلب كثيراً من التأمل والتفكير . ذلك أمر لا مندوحة عنه للعظيم وليس مضيقاً للوقت كما يظن عامة الناس . والخلاصة لم يكن انشيتين جامعياً لامعاً يضبط دروسه على مستوى واحد من الجودة والانطلاق طيلة أيام السنة . ولكن محاضراته التي يلقيها أمام الجماهير والمؤتمرات العلمية كانت مفعمة بالحياة وترك أثراً لا يمحي في نفوس المستمعين .



بعد وصول انشيتين إلى براغ بوقت قصير جاءه عرض لشغل كرسي الفيزياء النظرية في مدرسة البوليتكنيك بزيوريخ التي تخرج فيها . إن هذه المدرسة تابعة

للإتحاد السويسري ، فهي مؤسسة امم واكبر جداً من جامعة زوريخ التي بدأ فيها انشتين مهنة التعليم والتي هي جامعة للمقاطعة فحسب . تردد انشتين اولاً في قبل العرض ، ولكن زوجته حسمت الموقف . فهي لم تكن مريحة ابداً لاقامتها في براغ ، وظلت في هذه المدينة يُدبح بها الحنين الى زوريخ . فكتب الى جامعة براغ يُعلنها عزمه على تركها في اخر صيف ١٩١٢ . وفي نهاية هذه السنة توجه الى زوريخ لتولي مهام عمله .

لقد لبث العالم مشدوهاً مكتوم الانفاس امام العدد الضخم من الافكار الجديدة التي طلع بها انشتين سنة ١٩١٢ وأخذ الناس بالاتقان الذي صيغت به هذه الأراء محبوبة منسقة . لكن انشتين لم يكن راضياً : فلم يكن يفكر الا بالثغرات والفتوق التي يستشعرها في نظرياته .

ما زال انشتين حتى ذلك الحين يحل مشاكله باسسط الطرق الرياضية . وكان لا يتق بالتوسع في استخدام الرياضيات العليا ، لان ذلك من شأنه ان يبلبل ذهن القارئ . ولكنه الان اخذ يتجه اتجاهاً جديداً . فهو عندما كان في براغ احس ان تصميم نظريته يتطلب منه اصطفاغ مناهج جديدة اكثر تعقداً من تلك التي لا يزال يمارسها . فناقش في ذلك زميلاً له في جامعة براغ اسمه بيك الذي لفت انتباهه الى النظريات الرياضية الجديدة التي وضعها الرياضيان الايطاليان ريشي وليفي شيفيتا وعندما قدم الى زوريخ انكب وزميله القديم مرسيل غروسمان على دراسته هذه المناهج الجديدة وبفضل هذا التعاضد نجح انشتين في وضع لوحة مبدئية لتصميم نظريته . فكان عمله هذا الذي اعلنه عام ١٩١٣ لا يخلو من العيوب والنفاص التي لم تفارقة حتى بعد اعلان نظريته في صورتها الكاملة إبان الحرب العالمية .

وجاءت الرسل من برلين تسمى . فلقد أصبح أنشتين علماً من اعلام الفيزياء وقطعاً لا يشق له غبار . وتسابت الجمعيات والمؤسسات العالمية الى ضمه اليها . ومنذ زمن طويل واهل النظر في برلين يسمون جهدهم لا الى هذه الحاضرة مركزاً للسلطة السياسية والاقتصادية وحسب ، بل والى جعلها ايضاً مركزاً للنشاط الفنى والعلمى .



وفي هذه الاثناء وفد عليه ماكس بلانك وولتر نرنست من اعلام برلين . فعرضاً عليه ان يرأس مؤسسة علمية يفكر ان في انشائها وان يسام بارشاداته في ترقية بحوث الفيزياء في المؤسسات الاخرى ، وان يصبح عضواً في المجمع الملكى للعلوم البروسية . فالانضمام الى هذا المجمع (ااكاديميه) شرف عظيم لا يحظى به الا القلائل ، وان الكثيرين من الاساتذة الملعوظين في جامعة برلين منيت بالفشل جميع محاولاتهم للحصول على عضويته . ومع ان هذه العضوية فخريه لغالب الاعضاء فان بعضهم ينال مكافئات ضخمة وهذا ما يُعرض الآن على أنشتين . هنالك لن يكون له من عمل سوى تنظيم الابحاث ، وسيحصل على لقب استاذ في جامعة برلين من غير ان يشغل كاهله بالالتزامات والقوانين ، اللهم الا بعض محاضرات يلقيها حسبما يحلو له ومتى يروق لحاظره .

افكر أنشتين في العرض وراق له من الناحية المادية والمعنوية . فهو يتيح له التوفر على ابجائه ويمكنه من الاتصال بكثير من أئمة العلم في برلين لمناقشتهم في ارائه وتحسن تقديم له . الا انه من ناحية اخرى لا يحب برلين التي تنكرت له صغيراً . وانصاف عامل شخصي حسم في الامر . فابنة عمه الارملة الزا كانت تتردد عليه كثيراً في ميونيخ وهو لا يزال تلميذاً ، فبقيت ذكراها في فؤاده ، ودغدغ امل الاجتماع بها في برلين فكره . فعزم امره واقر العرض وغادر زوريخ في اواخر عام ١٩١٣ .



وفي برلين لم يُعَمَّ ان انفصل عن زوجته ميلافا التي لم ينسجم معها ابداً من نواحي كثيرة ، وظل عازباً الى ان تزوج بابنة عمه . ولما انضم الى الجمع الملكي كان في الرابعة والثلاثين من عمره فكان الشاب الوحيد بين زملائه الشيوخ . كان انشتين نسيج وحده . حتى لقد قال عنه لندنبورغ - وهو فيزيائي ألماني عاش واشتغل مدة طويلة في برلين مع انشتين نسيج وحده . حتى لقد قال عنه لندنبورغ - وهو فيزيائي ألماني عاش واشتغل مدة طويلة في برلين مع انشتين ، وهو الآن في جامعة برنستون :

« كان يوجد في برلين نوعان من الفيزيائيين : النوع الاول آنشتين ، والنوع الآخر سائر الفيزيائيين » .

كان انشتين جم الادب العظيم التواضع ، لا يعفّل بالمظاهر ويعصر على الا يزجج احداً . يُروى انه ذهب لزيارة احد اعضاء مجمع برلين ، لانه قد نُمي اليه ان هذا الاستاذ واسمه ستومف ، احد علماء النفس المشهورين يُعنى عناية شديدة بدراسة مشكلة الادراك الحسي للمكان ، فحسب انشتين ان زيارته له ربما تسدي له بعض النفع في حل هذه المشكلة . وكما يضمن وجوده في داره قصد اليه في الساعة الحادية عشرة قبل الظهر . فلما دق الباب وسأل الخادم عنه اجابته بانه غير موجود وسألته عما اذا كان يريد ان يترك له رسالة . فاجابها بالنفي . فهو لا يريد ان يثقل على احد . ثم رجع في الساعة الثانية بعد الظهر وسألها عن الاستاذ فقالت انه جاء فور ذهابك ، ثم تغدى واستغرق في قبالولة . فذهب انشتين يتجول في المدينة وعاد في الساعة الرابعة فوجد الاستاذ في البيت . وقال للخادم : « أرايت ؟ من صبر ظفر ! »

لقد كان ستومف وزوجته سعيدين باستقبال العلامة العظيم . وتوقفاً منه بعض الجاملات التي تقال في الزيارات الرسمية . لكنه انطلق مباشرة في الحديث عن تصميمه لنظرية النسبية وشرح لها مفصلاً كيف تتصل هذه النظرية بمشكلة

المكان . لقد كان الاستاذ ستومف من علماء النفس ولم تكن له معرفة موسعة في الرياضيات . ولذلك فلم يتهم منه شيئاً . واخيراً تذكر انشتين بعد ثلاثة ارباع الساعة من الشرح المتواصل ان هذه زيارته الاولى وان حديثه استغرق وقتاً طويلاً وهم بالانصراف . فوقع الزوج والزوجة في حيرة لانهما لم يوجها له الاسئلة المعتادة في مثل هذه المناسبات : « هل اعجبتك برلين ، كيف حال الزوجة والاولاد ؟ الخ »



كانت مهمة آنشتين في برلين التحدث مع زملائه وطلابه عن ابحاثهم والأشراف عليها ومتابعة ابحاثه الخاصة هو والقاء بعض المحاضرات من حين لآخر . وكان سعيداً في بذل العون لجميع الطلاب ، لا سيما أولئك الذين يقومون بابحاث مهمة امرها . فهو يتمتع بقسط من الفراغ كبير وضعه بسخاء تحت تصرف طلابه . ولقد قال لهم منذ اول يوم من تعيينه : « انني مستعد لاستقبالكم دائماً في أي وقت . فإذا كانت لديكم مشكلة ايتوني بها . ان ذلك لا يضايقني ابداً لاني استطيع ان اتوقف عن عملي في أي وقت ، ثم استأنفه بعد ذلك » .

ولا بأس من الحكم على هذا الموقف بمقارنته بموقف كثير من الاساتذة وانصاف الاساتذة الذين يذكرون لطلابهم ان ابحاثهم تستغرق كل اوقاتهم وانهم لا يودون ان يضايقهم احد ، لأن كل توقف عن العمل ، من شأنه ان يقطع عليهم حبل تفكيرهم وان يمرض للخطر نتائج تأملاتهم العميقة ! .

لقد كانت افكاره تتدفق كالسيل الذي لا ينضب معينه . فكل حديث

يقطع تسلسلها هو بمثابة الجبر يُلقى في نهر جيش فلا يعكر سيره ولا يؤثر في مجراه !

واندلعت الحرب العالمية . فظل آنشتين يتابع اعماله . فالجرب والاحوال النفسية التي تفرضها على البحث العلمي لم تمنعه من ان يتوفر بكليته على التوسع في نظريته في الجاذبية . ولما كان يتابع في برلين الافكار التي بداها في براغ وزوريخ فقد نجح عام ١٩١٦ في وضع نظريته في الجاذبية مستقلة قائمة بذاتها ومنسجمة منطقياً . ان هذه النظرية الجديدة تختلف اختلافاً تاماً عن نظرية نيوتن ، وتفسر حقائق اكثر شمولاً وأوسع نطاقاً . وجاءت التجارب مؤيدة لها .

لقد نجح آنشتين نجاحاً منقطع النظير حيث أخفق نيوتن . فأخرجه من برجه العاجي وجعل الناس جميعاً يهتمون به ، لا العلماء وحدهم . هنالك أدرك مسؤوليته الكبرى . فالشهرة التي يتمتع بها جعلته لا يرضى أن يقتصر نشاطه على متابعة أبحاثه العلمية . فله رسالة أكبر . فهو من أولئك القضاة النادرين الذين 'خلقوا' ليكونوا عظماء بقلوبهم وطيب عنصرهم كما هم عظماء بتفكيرهم . لقد رأى بأم عينه ضروب الآلام التي 'يعاني' منها العالم وأدرك أسبابها جميعاً : الحرب والخدمة العسكرية . لقد أصبح الآن مسموع الكلمة فيجب أن يعمل على تخفيف ويلات الإنسانية بالدعوة إلى السلام ونزع التسلح ومحاربة كل ما من شأنه تعزيز الروح العسكرية . والطريقة المثلى لذلك هي أن يرفض كل فرد تأدية الخدمة العسكرية . ولذلك فقد صرح لاحد مراسلي الصحف جاء يسأله ما عسى أن يكون موقفه لو نشبت حرب ثانية فقال له أنه يرفض الجندية ويمتنع عن تأديتها وليكن بعد ذلك ما يكون . ولم يكن أخا جبن ، بل هو مستعد للتضحية بكل

شيء في سبيل هذا الواجب . ولن يني في دعوته السلمية هذه وسيسام في حملة نزع التسليح إلى جانب هنري باريس ورومان رولان ومكسيم غوركي . هنا بدأت الدساتير تحاك حوله ، فلم يفت ذلك في عضده . وانبرى له خصوم كثيرون هم بولس ويلند في السياسة . وسرعان ما انقلب خصومه السياسيون خصوماً له في نظرياته وآرائه من أمثال : فيليب لينار ، ويوحنا شتارك ، وجهرك .

ومما زاد الطين بلة والنار أواراً أنه رفض توقيع البيان الذي أصدره اثنان وتسعون علماً من أعلام الفكر في المانيا يشجبون فيه حملة أوروبا الغربية على المانيا العسكرية ويدعون العلماء فيه إلى تأييد موقف المانيا العسكري وعدم التفريق بين الثقافة الالمانية والعسكرية الالمانية . وأهم ما ورد في البيان هذا التوكيد : « ان الثقافة الالمانية والحربية الالمانية شيء واحد » . فما كان في نظر المانيا في معركة الحياة والموت هذه مدعاة للتفكك ، كان في نظر الحلفاء غاية في الصفاقة .

●
إن موقف أنشتين السياسي ، كغيره من رجال الفكر في العالم ، قد تقلب في الفترة الواقعة بين الحربين العالميتين . ولكنه لم ينضم إلى حزب من الأحزاب . لقد كانت شق الأحزاب تستغل اسمه عندما يمكنها ذلك ، ولكنه لم يقم بأي نشاط حزبي لسبب بسيط هو أنه لم يخلق للسياسة .

لقد كان يعطف على بعض الاهداف التي يسعى لها حزب ما ، وكان يُزج به في مواقف لا يقرها ، وكثيراً ما نقم على ممثلي الأحزاب الذين سبق له أن شاطروا الرأي وأعرب لهم عن عطفه على قضاياهم . كان لا يتحمس إلا لما هو في نظره جدير بذلك ، ولم يكن مستعداً أبداً للخضوع للترهات الحزبية .

كان أنشتين لا يفتأ يمجّد الفرد . فالفرد في نظره هو الذي يصنع التاريخ . وقد كتب يقول : « إن ما يُعوّل عليه حقاً ليس الأمة ، بل الفردية الخلاقة الحساسة ، بل الشخصية ، بل ما يحقق (الأمر) النبيل الرفيع . بينما سائر القطيع لهم أحلام المصافير ، ولا حساسة فيهم » ويقول أيضاً : « إن جميع الحيرات المادية والعقلية والاخلاقية التي تلقيناها من المجتمع على كر الدهور والمصور مصدرها الافراد الخالقون . فالفرد هو الذي استنبط النار دفعة واحدة . والفرد هو الذي اكتشف زراعة النباتات الغذائية . والفرد هو الذي صنع الآلة البخارية »

« فالفرد المنزول عن الناس هو وحده الذي يستطيع أن يفكر وبالتالي أن يخلق قيماً جديدة تكامل بها الجماعة . فلولا الاشخاص الخالقون الذين يفكرون ويتأملون باستقلال لكان تقدم المجتمع امراً يصعب تصوره كما يصعب تصور نمو الفرد من غير المجتمع الغاذي » « فالمجتمع السليم مرتبط باستقلال الافراد ارتباطه بتماسكهم الاجتماعي المتين »



أصبحت حياة أنشتين في برلين أمراً لا يطاق . فالدسائس والمؤامرات تحاك حوله من كل حذب وصوب . لكن على نفسها جنت براقش . فكان مشيري الفتن سموا إلى حتفهم بظلفهم . إذ إن هذا القبار الذي أثاره خصومه حوله لفت اليه أنظار الجماهير من جميع الطبقات ومن جميع البلاد . واصبح أنشتين مضفة في الافواه . وظهرت في المجلات والصحف مقالات المفرضين من المتفلسفة يشجبون نظرياته ويؤكدون أنها إن كانت لها بعض القيمة في ميدان الفيزياء ، فهي خاطئة من الوجهة الفلسفية ! !

فأخذ الناس يتساءلون عن الرجل ومن عساه أن يكون . فالكل يريد لقاءه والاجتماع به . وانهالت عليه الدعوات من جميع بلاد العالم لزيارتها والقاء

محاضرات فيها . لقد كان انشتين سعيداً بهذه الدعوات ، فهو يريد أن يفارق هذا الجو المموم وإن يتصل ببيئات جديدة .

فالتجه أولاً إلى ليدن هولندا وعين استاذاً في جامعتها . ولم يطلب فيه إلا لقاء بعض المحاضرات في السنة . لقد كان كل إنسان سعيداً أن يقف أمام هذه الحقبة المأساة من التاريخ . وتساءل الناس في برلين عما إذا كان سيقيم في هولندا نهائياً . وأسف الكثيرون على ما وقع وأدركوا أنهم مدينون له بالشيء الكثير . لأن شهرته العظيمة في الخارج من شأنها أن تعيد إلى ألمانيا هيبتها التي فقدتها في الحرب . فكتب اليه هانيش وزير التربية البروسية وعضو الحزب الاشتراكي الديمقراطي يرجوه فيه البقاء في برلين وعدم التأثر بالحملات المفرضة . وأكد له عزم الحكومة على حمايته . فتأثر انشتين بكلمات الوزير . فهو حريص على سمعة برلين العلمية وعلى إعادة الهيبة للجمهورية الألمانية . فوعد الوزير بالرجوع وطلب الدخول في الجنسية الألمانية لأنه حتى ذلك الوقت كان محتفظاً بجنسيته السويسرية . فأجيب إلى طلبه وليته لم يُجب ، لأن هذه الجنسية ستكون وبالاً عليه .



وفي عام ١٩٢١ دُعي إلى براغ عاصمة الجمهورية التشيكوسلوفاكية الجديدة لالقاء محاضرات فيها . فحرب انشتين بهذه الدعوة ليستعيد ذكرياته في هذه المدينة الهادئة ويحتضن بأصدقائه ، ومريديه القدماء . وهو يريد كذلك أن يطلع على حالتها الديمقراطية الحديثة التي تحققت على يد الرئيس مازاروك فارتفعت في براغ وفي تشيكوسلوفاكيا كلها الروح المعنوية لدى النازحين الألمان ، وعابا الدولة المنهزمة .

وفي اليوم التالي حاضر في جمعية أورانيا . فقصت القاعة بالجمامير . فالكل

يريد رؤية الرجل العالمي الذي قلب نواميس الكون واثبت « انحاء » المكان .
فجاء رجل وقور ذو مكانة من اشتركوا في اعداد الحفل ودنا من فيليب فرانك
العلامة الكبير وصديق انشتين وسأله : بريك قل لي حالاً وبكلمة واحدة !
هل ما يقوله آنشتين ما شاء الى الكلام ، وهيهات ان يفهم الحضور كلامه .
فما يهمهم اولاً وقبل كل شيء ليس ان يفهموا ما يقول بل ان يشهدوا ويروا بام
اعينهم حادثة فذة وصفعة من التاريخ جديدة .

ومكث في براغ يوماً آخر . فعقد جلسة في جمعية اورانيا لمناقشته في
موضوع المحاضرة . وانهالت عليه الأسئلة من كل جانب . وكان والد خصومه
اوسكار كراوس ، وهو من متفلسفة جامعة براغ ، ومن ذوي العقول المتحجرة
فهو لا يبحث عن الحقيقة ، ولكن يريد ان يفهم خصمه بتسقط عبارات
متناقضة قالها المعجبون به ... !! وحجته الوحيدة في رفض هذه النظرية انها
لا تتفق مع المألوف ، وتعارض مع هندسة اوقليدس . فمن يمرؤ على الخروج
عليها به خنة ومس من خبل . وقد ابتهلت زوجة هذا الرجل الى فيليب
فرانك ان لا يبحث مع زوجها في هذه النظرية ، لانه يهذر بها في نومه
عالباً ، ويثور جداً لوجود اشخاص يمتقدون بالخلف وما يضاد
العقل .

وجاء استاذ الميكانيكا التطبيقية في معهد التكنولوجيا بملاحظات خاطئة على
النظرية النسبية ، ولكنها معقولة نوعاً . وعند ارفضها الجلسة قال آنشتين
لصديقه فرانك عن هذا الاستاذ : « ان هذا العامل يتكلم بسذاجة ، ولكنه
ليس غيبياً على كل حال » ولما ذكر له فرانك ان السائل ليس من العمال بل
هو استاذ ملحوظ اجاب انشتين على الفور : « في هذه الحال ... حقاً ان
ما بدر منه في غاية السذاجة »

ثم توجه بعد ذلك الى فينا لالقاء محاضرة فيينا . فاستقبل كعادته بالتهليل

والترحاب ، وحل ضيفاً في دار فيليكس امر نهارفت العالم الفيزيائي المشهور .
وهو وانشتين على طرفي نقيض . ولكن انشتين يألفه إلفه غريبة . واتصل اثناء
ذلك بتيارين من الفكر لها ابلغ الاثر في توجيه هذا العصر : فن التحليل النفسي
لسيغموند فرويد والمدرسة الوضعية لارنست ماخ .

كانت المحاضرة شائعة موفقة . وكان الحضور يملئون ويطربون ويمسحون
وجوههم البشر . ولقد اثلتهم الحالة التي اثلت سابقهم : فنشوة لقاء انشتين
غاية في ذاتها . وسواء عليهم بعد ذلك افهموا مقالته ام لم يفهموها .
فما يشغلهم حقاً ، إنما هو ان يستروحوا الجو الذي تولد فيه المعجزات !



وعاد الى برلين ونجمة يزداد تألقاً وارتفاعاً . وأصبح اسمه علماً على كل من
يكتب شيئاً عسير الفهم فيكون بذلك موضع الاعجاب وغدت كلمة « نسي »
تلوكها جميع الالسنه وتتنذر بها .

وفي هذه الاثناء دُعي لزيارة الولايات المتحدة الامريكية . فاقترن
وصوله وزوجته الى مرفأ نيويورك بحفاوة لم يحلم بها عالم قط ، ناهيك
ان يكون ميدان علمه الفيزياء الرياضية . وتهافت مراسلو الصحف
والمصورون السينمائيون على السفينة من كل جانب وانهالوا عليه بوابل من
أسئلتهم .

وقد تناولت الأسئلة هذه المرة ثلاثة اشياء :

فمثل اولاً « هل يمكن ان تشرح لنا فحوى النسبية يحمل قصيدة ؟ » لعل
من المستحيل ان يجيب على السؤال . لكنه قد تمرد على أسئلة من هذا القبيل
فاصبح يستعد للجواب مقدماً . قال : « يمكن ان اشرحها لكم على النحو

التالي على الاتحملوا مقالتي محل الجد وعلى الاترو فيها غير ضرب من الدعاية .
لقد كان الناس من قبل يعتقدون انه لو اختلفت جميع الاشياء المادية من العالم
لبقي الزمان والمكان مع ذلك . واما نظرية النسبية فانها ترى ان الزمان
والمكان مختلفان ايضاً هما وسائر الاشياء .

وسئل ايضاً هذا السؤال المستعجل : « يقولون ان نظرية النسبية لا يفهمها
الا اثنا عشر شخصاً في العالم ، فهل هذا صحيح ؟ » فانكر انشتين هذا القول
وقال ان كل فزيائي درس هذه النظرية يمكنه ان يفهمها واكد ان جميع تلاميذه
في برلين يفهمونها .

وسئل اخيراً : « كيف تفسر تحمس الجماهير لنظرية مجردة عسيرة الفهم ؟ »
فتخلص من الجواب بدعاية . وقال ان على علماء النفس المرضى ان يفسروا لنا
لماذا يتعمس اثناس ليس لهم المام بالمسائل العلمية لنظرية النسبية وجاموا للترحيب
بمقدم صاحبها . واذاف ان نظريته لا تغير شيئاً في افكار رجل الشارع . فكل
ما فيها البادىء واصول يُبنى عليها نظرة عامة في الوجودتهم الفلاسفة والعلماء
اكثر جداً مما هم رجل الشارع . وقال مازحاً : « ان نساء نيويورك يبحثن في
كل عام عن زي جديد . وزي هذه السنة نظرية النسبية » .

وبعد ان خذت حدة الأسئلة ختم كلامه قائلاً : « والان ايها السادة آمل اني
قد اجازت الامتحان ؟ » .

ثم توجه الناس الى مدام انشتين وعرموا عليها لتقولن لهم بصراحة عما اذا
كانت قد فهمت نظرية النسبية . فاجابتهن بلطف لا يخلو من
الدهشة : « هيات امع انه قد شرحها لي سبعين مرة ؟ فذلك ليس ضرورياً
لسعادتي » .

ثم شق طريقه بين الجماهير وغادر السفينة ممسكاً غليومه بيده اليمنى

لقد كانت حماسة الجماهير عند قدوم آنشتين الى نيويورك حدثاً فريداً في تاريخ العلم في القرن العشرين . ولذلك شق الأسباب . اولها الاهتمام بنظرية النسبية التي أصبحت موضة هذا العصر . وثانيها تأييداً علماء الانكليز وهذه النظرية قبل ذلك بعامين عندما ذهبت بعثة بريطانية الى غرب افريقيا واخرى الى البرازيل لرصد كسوف الشمس . وثالثها الهالة التي تحيط بكل رجل عظيم والاساطير التي تنسج حوله . وأخيراً العصر الذي وجد فيه آنشتين ومطالب هذا العصر وحاجة العلم الى الانفراج والتفتح والميكانيكا التقليدية ، الى الخروج من أزماها فكان آنشتين قد جاء على موعد مع الاحداث .

حتى الآن كان آنشتين لا يتكلم إلا بالالمانية لانه لم يكن قد ملك ناصية اللغة الانكليزية بعد . وفي ٩ مايس (مايو) منحه جامعة برستون دكتوراه الشرف . ثم القى في هذه الجامعة عدة محاضرات عرض فيها لنظريته .

واقترح رئيس المجلس البلدي بنيويورك منحه لقب « مواطن شرف لمدينة نيويورك » فوافق جميع الاعضاء الا واحداً . قال « انه حق نهار أمس لم يسمع بآنشتين » ! ثم طلب ايضاحاً عنه . لكن أحداً لم يتطوع لشرح نظرية النسبية له . فذلك أمر دونه غرط القتاد . ودافع عن وجهة نظره على الصعيد الوطني قائلاً : انه لا يريد ان يحمل من مدينته العزيزة موضوعاً للسخرية من الوجهة العلمية والوطنية . وقال في محضر الجلسة : « ان مفتاح المدينة قد اعطي

لسوء الحظ عام ١٩٠٩ الى الدكتور كوك الذي زعم انه اكتشف القطب الشمالي ، فما بدرينا ان لا يكون آنشتين هو مكتشف نظرية النسبية ؟

لقد بلغ التحمس لنظرية آنشتين مبلغا جعل النائب النيويوركي كندر د يطالب رئيس المجلس بتدوين ملخص النظرية النسبية في نشرات الكونغرس . فاعرب النائب داود ولس من ماساشوست عن شكه في امكان فعل ذلك ، لان هذه النظرية لا علاقة لها بنشاط الكونغرس ، لا سيما وانها تبدو غير مفهومة . ثم أضاف قائلا : يا حضرة الرئيس ان ما يصدر في هذه النشرات يقتصر في العادة على الاشياء التي يفهمها كل إنسان . فهل يتوقع زميلنا النيويوركي الفاضل الحصول على ملخص من هذا القبيل نفهمه جميعا ؟ فأجاب كندر د : « لقد انكسبت جادا على هذه النظرية طيلة ثلاثة أسابيع . ويلوح لي اني قد بدأت الآن اتبين فيها شيئا ، فسأله ولس : « أي تشريع تتناول هذه النظرية ؟ » فتصّح كندر د قائلا : « يمكن أن تتناول دستور المستقبل من حيث هو ينص على علاقات عامة بالكون » ا



لقد حاول البعض جر آنشتين الى اعلان الحرب على الدخان وملاهي يوم الأحد . ولكنه كان خصما لكل ما من شأنه التضيق على الحرية الفردية . فهو يعترف بأهمية المسبرات البريئة في الحياة اليومية ، ولا يؤمن بالقوانين الصارمة التي تسن لاسعاد الناس بان يمل عليهم ما يجب ان يأخذوه مأخذ اللغب . فآنشتين الذي وقف حياته على اكتشاف قوانين الطبيعة لا يرى مطلقا ان سلوك الانسان يمكن ان يضبط وفقا للقوانين المجردة فهو يؤمن بفطرة الانسان وحرية . وليس من رأيه مطلقا الحجز على حريته . وهو مولع بالتدخين . ويقول في هذا الصدد : « اذا اخذتم الدخان ، وكل ما تبقى ، فهاذا انتم تاركون ؟

اما انا فاني اتشبت بغليومي .



كان تقرير البعثة الفلكية الانكليزية عام ١٩١٩ الذي تؤيد فيه صدق نبوءة آنشتين عن انحراف الضوء عند مروره بالجوا الجاذبي من أهم دواعي شهرته العالمية . لكن آنشتين لم يقم حتى الآن بزيارة لندن . ففي هذه السنة التي أعقبت انتهاء الحرب والتي لا يزال الجو فيها مشحوناً بعداء المانيا لم يكن هناك من بأس في تأييد نظرية رجل ألماني ، ولكن لا مجال لتكريم شخصه . فدعاه اللورد هالدين الذي ما فتئ يعمل على تحسين العلاقات الانكليزية الالمانية لزيارة لندن وهو بطريقه إلى ألمانيا قادماً من أمريكا لالقاء محاضرات فيها .

لكن كل شيء في انكلترا لا يشجع على التحمس له . فإلى جانب الموقف السياسي هناك الموقف العقلي للانكليز . إذ المعلوم أن هؤلاء يهتمون دائماً بالناحية العلمية من العلم أكثر من اهتمامهم بالنظريات . فنظرية انشتين تبدو لهم نظرية فلسفية أكثر منها علمية . فهي بناء شامخ من النظريات والتحليلات الرياضية المجردة لا يقابله إلا عدد قليل جداً من الوقائع . ولذلك كان استقباله فاتراً .

ولدى وصوله ألقى أكليلاً من الزهر على ضريح نيوتن في مقبرة الملوك والعظماء بكنيسة وستمنستر ثم ألقى محاضرة قيمة في « كلية الملك » وقال هالدين في افتتاح الجلسة : « إن ما صنعه نيوتن بالنسبة إلى القرن الثامن عشر يصنعه آنشتين بالنسبة إلى القرن العشرين » .

حل آنشتين ضيفاً على هالدين . فاجتمع برجالات الانكليز من أمثال لويد جورج وبرنارد شو وهوأيتهد . وناقش هوأيتد هذا انشتين كثيراً وحاول عبثاً إقناعه بأنه على الصعيد الميتافيزيكي يجب العمل على التوسع بنظرية النسبية من

غير افتراض انحاء الفضاء . ولكن انشتين لم يكن مستعداً للتخلي عن نظريته لاعتبارات منطقية أو جمالية لا غناء فيها . ففلسفة هوايتهم لم ترق لـ

أقام هالدين مأدبة عشاء فاخرة على شرف أنشتين ودعى إليها رهطاً كبيراً من رجال العلم والسياسة . وكان اسقف كننبري رئيس الكنيسة الانجليكانية متشوقاً للقاء أنشتين لا لشيء إلا لأنه يسمع أقوالاً متناقضة عن علاقة نظرية النسبية بالدين فهو يريد أن يقف على حقيقة الأمر بنفسه ويقضي وطره . فأوعز إلى هالدين يرجوه دعوته إياه لحضور مأدبة العشاء . فدعاه هالدين وجعل مكانه قرب أنشتين . وقبل أن يستقر به المقام التفت إلى أنشتين من غير ما ديباجة أو مراعاة لأصول المحادثات وأفضى إليه بالسؤال الذي يقض مضجعه : « ما عسى أن يكون لنظرية النسبية من تأثير في الدين ؟ » فأجاب أنشتين بإيجاز جواباً لا لبس فيه : « ليس لها أي تأثير » فالنسبية مسألة علمية محضة ، وليس لها أدنى علاقة بالدين »



يروى أنه في هذه الأثناء تقدم أميركي مقم بباريس فقرر جائزة قدرها خمسة آلاف دولار لكاتب أحسن ملخص لنظرية النسبية دون أن يتجاوز عدد كلماته الثلاثة آلاف - فتقدم ثلاثمائة شخص لدخول المباراة ، فقال أنشتين مازحاً : « انني أنا الوحيد الذي لم اشترك من بين جميع اصدقائي . فانني لا أظن أن ذلك في طاقتي » وفي ٢١ حزيران (يونيو) سنة ١٩٢١ أعطيت الجائزة لابرلندي في الواحد والستين من عمره ولد في دويلن وكان موظفاً في مكتب تسجيل الإيرادات بلندن كما كان أنشتين في زويخ وكان من هواة الفيزياء .

لقد ساهمت هذه الأسفار التي قام أنشتين فوراً في تحسين العلاقات بين

العلماء الألمان والانكليز والأميركان . وتساءل الناس عما إذا كان سيجري على زيارة باريس عاصمة « العدو اللدود » لألمانيا . وقامت في فرنسا دعوة لحملته على القيام بهذه الزيارة ، وتتحدى العلماء الفرنسيين لدعوته ومناقشته في نظرياته الجديدة وجهاً لوجه . فهم يعجبون به إعجاباً شديداً لكن أكثرهم يحد عسراً في فهمه . وهكذا فإن الرياضي بولس بانلافيه - وزير الحرب أثناء الصراع الدولي ثم رئيس وزارة ، ثم رئيس مجلس النواب فهو إذن زعيم اضطلع بدور محير في السياسة الفرنسية - كان يُعنى عناية شديدة بنظرية النسبية ، لكنه أساء فهمها في مواضع كثيرة ، بل أنه قد حل عليها بسبب من سوء فهمه لها . لكنه تراجع عن حملته أخيراً . وقد كان للسياسة دخل كبير في هذه الحملات كما يقول العالم الفيزيائي الفرنسي الكبير بولس لوجيفين الذي فهم آنشتين فهماً صحيحاً واليه يدين انتشار هذه النظرية في فرنسا لأول مرة .

ولم يكن لوجيفين هذا فيزيائياً حقيقياً فحسب ، بل كان أيضاً من رسل التفاهم العالمي . فاقترح وهو في الكلية الفرنسية إرسال دعوة إلى آنشتين لزيارة باريس والقاء محاضرات فيها . فوافق بانلافيه بحرارة على الاقتراح ولم يصارح إلا الوطنيين . وأرسلت دعوة الكلية الفرنسية إلى آنشتين الذي قدم باريس في أواخر آذار (مارس) سنة ١٩٢٢ .

وخف لوجيفيل والعالم الفلكي شارل فورمان لاستقباله على الحدود البلجيكية ومرافقته إلى العاصمة . وقامت في باريس مظاهرات صاخبة ضده تجتمعت في محطة الشمال لمنعه من دخول العاصمة . لكن البوليس كان بالمرصاد . فأوعز إلى لوجيفين مفادرة القطار هو وآنشتين والمرور من رصيف لم يخطر ببال المتظاهرين . وانسرب آنشتين من باب سري لم يتوقعه المتظاهرون والمصورون السينمائيون ومراسلو الصحف واستقل المترو إلى الفندق دون أن يشربه أحد .

وفي ٣١ آذار القى محاضراته الأولى في الكلية الفرنسية . ولم يسمح بدخول

الكلية إلا للدعوى من حملة البطاقات . ولم توزع البطاقات إلا على المؤثقيهم الذين يهمهم حق الاطلاع على النظرية وأبعد المشهورون والمشاغبون . ووقف الرئيس بانلافيه بنفسه في المدخل يراقب ويشدد في المراقبة .

وقف آنشتين على المنصة التي وقف عليها قبله ارنت رينان وهنري برغسون وأصراهما . ولم يجد أي صعوبة في الاتصال بالجمهور كما وجد في انكلترا وأمريكا لأنه يتكلم الفرنسية بطلاقة لا تخلو من المعجمة . وشهد المحاضرة أشهر العلماء والفلاسفة ، ورجال السياسة منهم مدام كوري وبرغسون والأمير رولان بوناپرت وغيرهم ودعته الجمعية الفلسفية لمناقشة نظريته والرد على أسئلة الأخصائيين . فكان آنشتين يصني اليهم جميعا ويرد على كل سؤال على حدة وبدد كثيراً من الظنون . والغريب أن الجمعية الفرنسية للفرزاء لم تشارك رسميا في أي نشاط من هذا القبيل ويعزو المراقبون ذلك الى أن أعضاء هذه الجمعية لهم ميول وطنية متطرفة . وكذلك الجمع فقد لبث أعضاءه يفكرون طويلا فيما إذا كان من الجائز دعوة آنشتين للقاء معاضرة ، فرفض الكثيرون ذلك ، لأن ألمانيا ليست عضواً في عصبة الأمم ! فقالت إحدى صحف باريس ساخرة : « إذا اكتشف المائي دواء ضد السرطان أو السل فهل يتوقف أعضاء الجمع الأفاضل عن استعمال الدواء منتظرين دخول ألمانيا في عصبة الأمم ؟ »

إن هذا التفاف أول ما يسترعي الانتباه . فإذا أردنا الحكم على هذا التطرف في الوطنية من جانب الفرنسيين فيجب ألا يغيب عن أذهاننا أن هذه الجماعات التي تتادي بالويل والثبور وتحتج بصرامة على استقبال آنشتين لأنه المائي ، كانت في مقدمة الدعاة إلى سياسة التعاون مع ألمانيا عندما استتب الأمر فيها للنازيين . هؤلاء « الوطنيون » الفرنسيون هم الذين مهدوا لتلك الهزيمة النكراء التي منيت بها فرنسا عام ١٩٤٠ فركعت على قدميها وخرت صريعة ثقافتها وغرورها .

بعد هذه الاسفار المشحونة بالتوتر السياسي التي كان من المستحيل فيها على أنشتين ان يستمتع حقاً بطرافة هذه الخبرات الجديدة ، رأى ان من دواعي القبضة والسوى ان يطوف ببلاد الشرق الاقصى وان يتملى بمشاهدتها . فوصل الى شنغاي في ١٥ تشرين ثاني (نوفمبر) سنة ١٩٢٢ والى كوبا في اليابان في ٢٠ منه . ومكث في اليابان حتى آخر شباط (فبراير) ومنها رجع قافلاً الى اوروبا بعد مروره بفلسطين . فكان موضع الاجلال والتكريم في كل مكان يحل فيه ، لانه من فطاحل العلماء فحسب بل لانه الماني ايضاً . واستقبله المكادو شخصياً وتحاداً باللغة الفرنسية .

مثل مرة عن انطباعه الغريبة في هذه البلاد الخلابة فقال : لم اجد اشياء غريبة الا في وطني وبين اهلي وعشيرتي ، في جلسات الجمع البروسي للعلوم مثلاً .

لقد بهره الشرقيون - الهنود والصين واليابان - بوداعتهم وتهذيبهم ولطف معشرهم وحسن سجاياهم . وكان تصقمهم للجمال واعتدالهم وقصدم في الامور مما أثلج صدره بعد ذلك الصخب والمهرج في بلاده . ولكن الموسيقى الشرقية كانت لا تروق لأذنه التي الفت موزارت وباخ .

وفي فلسطين حل في دار الحاكم البريطاني الذي كان كلفاً بنظرية النسبية . ولما كان الحاكم ممثلاً الملك بريطاني فقد كان قصره مشحوناً بالطقوس والرسميات التي تذكرنا بالقصر الملكي في لندن . فكان أنشتين لا يعير ذلك اهتمامه وظل محتفظاً ببساطته وعفو سجيته . لكن زوجته ضاقت ذرعاً بهذه اللامبالاة فقالت عنه فيما بعد : « لو بدر مني ما يبدر من زوجي لقال الناس انني قليلة الادب . واما فيفتقر الناس له هفواته ويبررون ذلك بأنه رجل عبقري ، !

وفي فلسطين المهي باللائمة على اليهود لجحودهم ونكرانهم ، وحشهم على تفهم العرب وقاربخهم وتراثهم . ولذلك فلم يرحب اليهود بمقدمه كثيراً ونظر اليه الوطنيون المتطرفون شزراً . وكذلك المتدينون من اليهود لانه لا هم بتأدية الشعائر الدينية ، بل ويسخر منها احياناً .

ويغادر فلسطين في اذار (مارس) سنة ١٩٢٣ متوجهاً الى اسبانيا ليستجم في ربوعها ويتمشى بمناظرها . واستقبله الملك الفونس الثالث عشر . وتعرف الى مدن وعادات وتقاليد كان يحبها . فاستمد من هذه الخبرات جيمعاً قوة تعينه وتشد ازره في عمله الخلاق . لقد كان كل شيء يبدوله حلاً ، وكان يقول لزوجته : « هلي نستمتع بكل شيء قبل ان نستيقظ » ا



في العاشر من تشرين الثاني (نوفمبر) سنة ١٩٢٢ فيما كان آنشتين في طريقه الى الشرق منخته هيئة المجمع السويدي للعلوم جائزة نوبل . وعلى رغم ان القاصي والداني يقر لآنشتين بالعبقريه والتفوق فان هذه الهيئة قد ترددت كثيراً قبل ان تتخذ قرارها النهائي . ذلك بان شرط الواقف الفريد نوبل ينص على ان تمنح هذه الجائزة لمن يقوم ببحث جديد في الفيزياء من شأنه ان يسدي نفعاً عيمعاً للانسانية . فآين نظرية النسبية من هذا يا ترى ؟ ان هذه النظرية لم تكشف ظواهر جديدة . بل هي مبدأ عام تستنبط منه الوقائع على نحو اسهل من ذي قبل . اما ان تكون هذه النظرية ذات نفع عيمع للانسانية فهذه مسألة نرجع الى التقدير الشخصي . وعلى العموم فيبدو ان المجمع قد اعترف بفائدة هذه النظرية للنوع الانساني على اثر انفجار القنبلة الذرية في هيروشيا عام ١٩٤٥ لانه سارع الى منح جائزته الى اتوها من الذي اكتشف هو وزميله شتراسمان عام ١٩٣٨ عملية فلق ذرة اليورانيوم .

ومع ذلك فقد خطرت للجميع فكرة فذة . فآنشتين له نظريات اخرى غير نظرية النسبية اهمها نظرية الكموم التي لم يثر النقاش حولها كما فار حول نظرية النسبية ، والقانون الضوء - كهربى والضوء - كىاوى وهكذا فقد تحاشى الجمع ان يتخذ موقفاً معيناً من نظرية النسبية . وجاءت عبارات محضر الجائزة عامة : « منحت جائزة نوبل الى آنشتين لاكتشافه القانون الضوء - كهربى ولعمله في ميدان الفزياء النظرية »

وفي تموز (يوليو) عام ١٩٢٣ توجه آنشتين الى السويد لاستلام الجائزة ، والقى محاضرة في اجتماع عقده العلماء الاسكندينافيون في مدينة غوتنبورغ حضرها ملك السويد .



كانت سنة ١٩٢٣ بالنسبة الى آنشتين نهاية تلك الحقبة الحافلة بالاسفار والرحلات . حقاً لقد سافر سنة ١٩٢٥ الى اميركا الجنوبية ، ولكنه قضى جميع السنوات التالية في برلين . وقد جذبت شهرته كثيراً من السياح القادمين الى برلين من شتى بقاع العالم ، فكانت رؤيته والاستماع اليه في مقدمة طرائف برلين التي يودون مشاهدتها والاطلاع عليها . وكانوا لا يُعنون بمن عسى ان يكون آنشتين : هل هو فيزيائى ام كىائى ام عالم رياضى ام فيلسوف ام فنان ام رجل خيالى ام بطل مصارعة ام نجم سينمائى ، لقد كان جل مهم ان يتمموا به والسلام . فكان يضيق بهم احياناً عندما يبلغ عددهم مبلغاً كبيراً ويقول لهم ، « والآن ايها السادة مالكم تكأ كآتم علي ؟ افرنقموا عني فاني اريد ان استريح ا » ، فيرفضون جميعهم ولا يبقى الا طلاب المختصون .

نحن الآن في سنة ١٩٢٩ وشهر اذار (مارس) علي الابواب . فالمعلوم ان آنشتين سيبلغ في هذا الشهر عامه الخمسين . لقد دنت المتاعب . وانهاالت عليه التهانى والزيارات ومضايقات الصحفيين . فاختمني عن الانظار . فقال البعض انه ذهب الى فرنسا ، وقال اخرون انه ذهب الى هولندا ، واخرون الى انكلترا وامريكا ، بل والى روسيا . والحقيقة انه كان في ظاهر برلين ، في بيت قروي هاديء محيط به حديقة غناء قرب بحيرة جميلة كان يتنزه فيها هو وافراد عائلته . فعاش حياة بوهيمية لشد ما تروح اليها نفسه وعاد الى ثوبه الذي تعود ارتدائه في القرية بل في المدينة احيانا عندما لا يكون حوله بعض الاغراب ، بنطلون قديم وقميص بال وكثيراً ما كان يخرج حافي القدمين .

ووردت اليه رسائل المهنئين وهدايا عيد ميلاده ، فكانت زوجته تحملها اليه كل يوم . ومن اطرف هذه الهدايا علبة دخان صغير للعليوم . فكتب صاحب صاحب الهدية مشيراً الى نظرية الحقل الموحد : « نحبون قليلا من الدخان نسبيا ، ولكنه من حقل جيد » !

ولكن الهدية المثلى كانت هدية بلدية العاصمة التي يعيش فيها آنشتين منذ سنة ١٩١٣ . فقرر المجلس البلدي ببرلين اقطاعه بيتا قرويا يقوم في ارض تملكها مدينة برلين على شواطئ الهافل . ولما ذهبت السيدة آنشتين لرؤيته لشد ما كانت دهشها عندما وجدت انه يقطنه بعض الناس . وعجب هؤلاء بدورهم كيف ينوي البعض اخراجهم من بيتهم : فاذا كانت المدينة تملك هذه الارض حقا فهي كذلك قد كلفت لسكان البيت حق الاحتفاظ به مدى الحياة . وهذا امر يبدو ان المجلس البلدي قد اغفله عندما قرر اهداء البيت لآنشتين في عيد ميلاده . فما العمل .

لا بأس . فلعل هناك خطأ في السجلات العقارية . واراد المجلس البلدي ان

يعالج هذه الفضيحة بأسرع ما يمكن . فالهدية المحيطة بالبيت كبيرة مزدانة
بالاشجار الجميلة ، وتتسع لبيوت كثيرة . فاختار المجلس الموقر مكانا آخر على
مقربة من الماء وقدمه الى آنشتين ، على ان يبني هذا فيه بيتا على نفقته
الخاصة فرحب العلامة وزوجته بالفكرة التي ما لبث ان ظهرت
استحالتها .

ذلك بان مستأجر البيت قد كفل له القانون الا يسمح لاحد
ببناء بيت آخر في الهدية ، لان ذلك من شأنه ان يعكر صفو هذه
المنطقة .

وقع المجلس البلدي في حيص بيص . فاختار أرضاً ثالثة أقل جودة من
الأولى . ولما اكتشف أولو الأمر أن المدينة لا حق لها في هذه الأرض انفجرت
برلين في الضحك وانهالت السخرية على المجلس الموقر . وتلفت المجلس يميناً وشمالاً
فإذا به لا حق له بشبر من الأرض على ضفة النهر ، ولكن لما كان نبا الهدية قد
في جميع أنحاء البلاد وأصبح التراجع عنه موجبا للزراية فقد اتصل مندوب
البلدية بصاحبنا ورجا اليه أن يبحث عن قطعة من الأرض يراد بيعها في المكان
الذي يلائمه لتشتريها البلدية وتقدمها هدية له . فوافق آنشتين وأرسل زوجته
في البحث عن الأرض الموعودة . فوقع اختيارها على أرض بوتسدام . ولم يعم
المجلس أن وافق على الأرض وتقدم باقتراح لشراؤها . فتعثر المسألة من جديد
واصطدمت بالميل السياسية . ذلك بأن نائباً من الحزب الوطني اعترض على هذا
الاقتراح وأنكر أن يكون لآنشتين الحق في هذه التقدمة .

هنالك نفذ صبر آنشتين ! فالهدية التي يراد تقديمها له باسم جميع مواطنيه
بدأت ترتطم بالسياسة . فكتب إلى محافظ المدينة :

« عزيزي المحافظ

« إن حياة الإنسان قصيرة جداً ، لكن السلطات تعمل ببطء بالغ . ولذلك

فإني أشعر أن حياتي قصيرة بحيث لا يمكنني التكيف مع طرائقكم . إني أشكركم
على نواياكم الطيبة . وأما الآن فإن عيد ميلادي قد مضى وقته من زمن . وإني
أرفض الهدية »

ولم يقتصر أمر انشتين على شراء الأرض التي وقع اختيار زوجته عليها ، بل
لقد بنى فيها أيضاً دارة أنفق عليها كل ما يملك . وأحسن بالاطمئنان ، ولم يخطر
له أن الأقدار تترصد له وتستطيع بما جنت يده .



وفي السنة التالية (١٩٣٠) دُعي انشتين لقضاء فصل الشتاء في بازادونا
(كاليفورنيا) ، كاستاذ زائر في معهد كاليفورنيا التكنولوجي . فأبحر إلى
أمريكا في شهر كانون أول (ديسمبر) وشارك في أبحاث المعهد وعمل في مرصد
جبل ويلسون . وفي ربيع سنة ١٩٣١ عاد إلى برلين ثم رجع في آخر العام إلى
كاليفورنيا ليقم فيها شتاء آخر وعاد إلى برلين بعد ذلك .

وفي الصيف جاءه الأستاذ إبراهيم فلاكسز يدعو إلى العمل في معهد الأبحاث
الجديد الذي أنشأه في برنستون . فوعده انشتين بالموافقة على طلبه في العام
التالي لأنه مرتبط هذا العام بمعهد كليفورنيا . وأبرما عقد . وفي نهاية عام ١٩٣٢
غادر انشتين وعائلته برلين إلى كليفورنيا والقى نظرة مودعة على دارته . فلقد
أحس أنه لن يراها بعد اليوم وكاشف في ذلك زوجته . وفي نهاية كانون ثاني
(يناير) من عام ١٩٣٣ عندما كان انشتين لا يزال في كليفورنيا يتناقش
وفلكيي مرصد جبل ولسون في توزيع المادة في الفضاء استولى هتلر على الحكم
وشن حملته المباركة على اليهود والصهيونيين الذين ما دخلوا أرضاً إلا أفسدوها .
واختلط الصالح بالطالح . ونشط خصوم انشتين يصطادون في الماء العكر .
وأوغروا صدر السلطات الحاكمة عليه لأنه من أنصار السلم . وزعم اعداؤه أنه

يفود حركة سرية وحفت قارة بأنها « شيوعية » وطوراً بأنها « يهودية عالمية »
وأنها على وشك الظهور لإسقاط الحكومة الحاضرة ، وهو من ذلك براء . فسارع
إلى تقديم استقالته من الجمع العلمي قبل أن يقيه . وشملته حركة التطهير
وصودر كل ما يملك ووضعت الحكومة يدها على جسابه في المصرف ، ودام
البوليس دارته للتفتيش عن السلاح لأن المرجفين زعموا أن بها أسلحة شيوعية .
فـ « هدية » مدينة برلين هي التي زجت به في بناء الدارة التي أنفق عليها كل
ما يملك ، فإذا بها تصدر في طرفة عين . لقد كانت الجنسية الألمانية وبالأعلى
كما قلت سابقاً فباكتسابها قد سمي إلى حتفه بظلمه ، لأنه لو ظل أجنبياً
(سويسرياً) لحماه القانون من مصادرة أملاكه . وكذلك أحرقت كتبه على
رؤوس الأشهاد .

ورجع انشتين إلى أوروبا ، عام ١٩٣٣ ولكنه لم يقصد إلى بلاده بل إلى
بلجيكا . فالتقى هناك بالأب لامتر صاحب نظرية تمدد الكون . وكانت الملكة
محببة بالأب ، فكان ذلك سبباً لتقريب انشتين من القصر . وكانت الملكة تجد
متعة في التحدث إليه والاجتماع به . واهتمت العائلة المالكة والحكومة
بتشديد الحراسة على ضيفها العلامة الكبير خوفاً عليه من أن يفتك به
متطرفو الألمان .

وفي هذه الأثناء بعثت إليه الجامعة العبرية في فلسطين برسالة تسند إليه فيها
كرسي الفيزياء النظرية . فرفض ذلك باباً . فهو لا يريد أن يُستغل اسمه لتفذية
جامعة دولة ولدت وتموت .

ونصح إليه أصدقاؤه بمغادرة بلجيكا خوفاً على حياته . فالحظر جائم

والخصوم يتربصون به الدوائر ، ولا بد ان يصيبوه بأذى عاجلاً أو آجلاً ولو كان في بروج مشيدة . وليس عليه أن يفكر كثيراً ليحسم في مصيره . فالمعروض تنهال عليه من أوروبا وأمريكا . فهذه جامعة مدريد تدعوه إليها . والكلية الفرنسية بباريس تعينه بالفعل أستاذاً فيها ولكنه لم يحضر . وغيرهما كثير . ولكنه لا يريد الإقامة في أوروبا بل في أمريكا . فلقد رأينا إبراهيم فلاكسر أنه عرض عليه في السنة الفائتة العمل في معهد الدراسات العالية الذي أنشأه في برنستون على نخط الجامعات الألمانية في عهدهما الذهبي . فلا يلتحق به إلا الموهوبون الذين حصلوا على الدكتوراه في العلوم الرياضية ويريدون التفرغ إلى أبحاثهم الخاصة تحت إشراف فطاحل العلماء .

وهكذا روي انشتين في أواخر تشرين أول سنة ١٩٣٣ في مرفأ سوسامبتون بانكلترا ينتظر باخراً متوسطة الحجم قادمة من انفرنس لنقله إلى نيويورك ، فوصل إلى برنستون ليقم فيها إقامة دائمة ويصبح مواطناً أمريكياً .



لقد كانت تشغل انشتين آنئذ ثلاثة أمور : الأول تحسين نظريتي النسبية الخاصة والعامة وصياغتهما في بناء منطقي محكم . والثاني نقد نظرية الكم كما صورتها مدرسة كوبنهاغن على يد بوهر والثالث إيجاد المجال الفيزيائي الحقيقي الذي يصار به إلى التعبير عن القوانين الفيزيائية للظواهرات التي تقع في العالم على الصعيد الأدنى بلفة معادلات المجالين الكهروطيسي والجاذبي . وكان يماونه في هذه المهمة شابان من العلماء يسمى أحدهما بيرغمان والآخر بارغمان فكان تشابه اسميهما مدعاة للضحك والمزاح .



ظلت للسيدة آنشتين ، الزا ، تهفو إلى وطنها ومسقط رأسها . ولكنها لم تلبث أن توفيت عام ١٩٣٦ . أن زوجته الأولى لم تغادر سويسرا ، ولكن ابنها الأكبر المولود في برن يشتغل اليوم مهندساً في الولايات المتحدة . وأما أخته الوحيدة مايا فقد غادرت فلورنسا عام ١٩٣٩ إلى برنستون لتزايد ضغط ضغط الفاشيست في إيطاليا ، بينما ذهب زوجها إلى سويسرا لبعض شأنه . وفي سنة ١٩٤١ أصبح آنشتين مواطناً اميركياً . وفي سنة ١٩٤٥ اعتزل التدريس وتفرغ الى البحوث .

وتنتهي الحرب ويظل سادراً في تأملاته بعيداً عن الناس . ولكن تجتذبه الى الحياة تطورات في السياسة الدولية وصراع ينشب بين الامم وسباق الى التسلح . فيدلي بجدٍ في التلفزيون يوجهه الى ترومان رئيس الولايات المتحدة السابق : « لقد كان من المفروض اول الامر ان يكون سباق التسلح من قبيل التدابير الدفاعية . ولكنه اصبح اليوم ذا طابع جنوني . لانه لو سارت الامور على هذا المنوال فسيأتي يوم يزول فيه كل اثر للحياة على وجه البسيطة » .

وعندما يحاول زعماء الصهيونيين اقناعه بان يتربع رئيساً لدولة اسرائيل يرفض العرض ويقول قولته المشهورة : « ان دولة تنشأ كما نشأت اسرائيل جديرة بالفناء » وابتى الرجل الانساني ان يزج بنفسه في دولة الظلم والعدوان .

وفي ١٨ نيسان (ابريل) سنة ١٩٥٥ وفي مدينة برنستون اختفى ذلك المبقرى وذهب الى مستقره الاخير وحل " ضيفاً على الابد واخذ الناس يتعدثون عن انشتين من جديد ، واخذت الجامعات تتنافس للاستئثار بدماع ذلك الرجل عساها تقف من فحصه على اسرار عبقريته . وما درت ان انشتين قد ذهب ، وان دماغه غشاوة من مائه موات تذروها الرياح ليس فيها بقية من حشاشة ولا

نبض من حياة . فلقد كان ينبغي دراستها في ابان خلقها وانتاجها ، وليس يعد ان يدب فيها الشلل والفناء .

لقد كان انشتين لفئة من عالم آخر لا تدركه ابصارنا ، عالم بعيد ، بعيد جداً . كان يرو اليه بكيانه كله . وكانت له فيه شطحات وسجات ، وكانت الموسيقى سبيله الوحيد للتنفيس عن ثورة عارمة لا يدركها الا ذووها . فالموسيقى نشيد العطاء وسلوى الملهمين . غاص في الاعماق فكان الكون له مسرحاً ينتزع من غوزه الحكمة ، وتطلع الى الابعاد السحيقة فاذا به يلح اطيافاً ما تجلت لغير عينيه ، وتُملى عليه الصور والفكر كما هي لا تعمل فيها ولا تصنع ، وانعكس ذلك كله في نفسه الهائلة السامة ، فانطلقت على سجيبتها في كل شيء ، صدق في الاداء ، ودقة في التعبير ، ونصوع في السريرة . لقد استتب له التفكير الذاتي فجعل يعزف من صميمه ، من نبعه الخاض ، المتدفق ويسكب منه على الوجود فيغنيه ويزيد في ثرائه .

والخلاصة لقد كان اسطورة القرن العشرين . فعبقريته السامقة لا تناسبها عبقرية . وهي عصر لا كالعصور ، وحدث لا كالاحداث وجيل لا كالاجيل ، وموضة لا تجود بمثلها الابد .

لا يذكر القرن العشرون إلا ويذكر أنشتين ، ولا يذكر انشتين ، إلا ويذكر القرن العشرون . واذن فكل من يتصدى لفهم القرن العشرين لامتدحة له عن قراءة انشتين ، وكل من فهم انشتين فقد ألم بالقرن العشرين . لذلك ، فاني اتوجه بهذا الكتاب عن انشتين الى كل من يود ان يفهم شيئاً عن العالم المصطرع المتناقض ، المعقد في هذا العصر .

والرأي عندي ان هذه المنزلة الفريدة التي يتمتع بها أنشتين في هذه الحقبة من تاريخ العلم هي من اكبر دواعي شهرته بين العام والخاص واعجاب الجماهير به ولولم تستطع فهمه في غالب الاحيان . فلقد جاء غني من حاجة . فهو تعبير عن حاجة العلوم الى اعادة النظر في مبادئها ، والميكانيكا الى زلزلة الاسس التي اقامها عليها غاليليو ونيوتن بعد ان استنفدت جميع امكاناتها وتطلعت الى مجدد مصلح .



ان حاجة الانسان الى توكيد وجوده وتحسين ظروف حياته هي التي حفزته الى دراسة الطبيعة واجتلاء اسرارها . ولما تقدمت به المعرفة اخذ في تجميع ما تبعثر من الوقائع الجزئية وتنسيقها في مبدأ عام يربط به الظواهر المتفرقة ويشيع فيها الوحدة والانسجام . فتاريخ العلم هو صراع بين وحدة يراد ادخال اكثر عدد ممكن من الظواهر في اطارها ، وبين ظواهر شعناء تتمرد على هذا التأطير . وقد صاحب هذه الحركة بطبيعة الحال سعي حثيث الى التقليل من

تشبيه ظواهر الطبيعة بالانسان والى عدم النظر الى احداثها من زاوية رغباته وامانيه واحاسيسه وعاداته العقابية . وبعبارة اخرى الى عدم اعتبار الطبيعة انساناً اكبر له خصائص الانسان الاصغر وارادته وغاياته . واقترب ذلك كله بنتائج عملية باهرة كان لها اكبر الاثر في تطوير حياتنا وتغيير اسلوب معيشتنا .

مرت حركة تفهم الكون بثلاث مراحل :

اولاها من عهد اليونان حتى نهاية القرون الوسطى واوائل العصور الحديثة ، وتمتد الثانية من القرن السابع عشر حتى الربع الاخير من القرن التاسع عشر ، وتمتد الثالثة من حوالي عام ١٨٧٥ حتى وقتنا الحاضر .

وتمتاز المرحلة الاولى بان العقل وقد تشبع بمباديء فلسفة ارسطو كان يحاول تفسير الظواهر الطبيعية بقياسها على سلوك الانسان والحيوان ، فكان يصف حركات الاجرام السماوية مثلاً بنفس العبارات التي يصف بها افعال المخلوقات الحية ، فكما ان الحي يتجه الى غاية يسمى للوصول اليها فكذلك المادة الجامدة فالجسم يسقط على الارض ليعتدل مكانه الطبيعي ، كالفأر يبعث عن حفرة ليبيت فيها . والنار تصعد الى اعلا لتنتقل الى عالمها الطبيعي ، وهو عالم الافلاك ، كالنسر يأوي الى عشه في اعالي الجبال . والمباديء التي تسيطر على نظرة الانسان في هذه المرحلة هي مبدأ الافضل او العلة الغائية : تقدم الاكمل على الاقل كالأ ؛ افضلية الصورة الدائرية على غيرها على السطوح ، والصورة الكروية على غيرها من الاحجام ؛ افضلية ما هو فوق على ما هو تحت ، ما هو على اليمين على ما هو على اليسار ، ما هو أعلم على ما هو وراء الخ . والاصطلاحات المستعملة في هذه الحقبة هي القوة والفعل والصورة والهيولي والمرض والجوهر ، والاعلى والادنى ، والشريف والخسيس ، والخير

والشر والخالد والفاني وعقول الافلاك والاجسام الروحانية والنخ .

واما المرحلة الثانية فتمتاز بسيطرة الفكرة الميكانيكية عليها بفضل ابحاث غاليليو ونيوتن . فالظواهر الطبيعية تفسر بقياسها على سير الآلات البسيطة كالدولاب (المجلة) والرافعة . وشملت هذه النظرية جميع فروع العلم كالكهرطيسية والحرارة والتفاعلات الكيماوية وغيرها ، واخضع كل شيء فيها لقانون الحركة الذي وضعه نيوتن . وكان النجاح الذي احرزته هذه الطريقة من الوجهة العملية عظيماً جداً . وسرعان ما روي ان التفسير الميكانيكي يجب ان يكون نموذجاً للمعلوم الفيزيائية ، بل لكل علم على الاطلاق .

ولكن كل حال يزول . وهذا يسوقنا للكلام عن المرحلة الثالثة وهي مرحلة العلم الديناميكي . فلقد بلغت وجهة النظر الميكانيكية اقصاها عام ١٨٧٥ ثم اخذت تذوي بعد ذلك لحدوث اكتشافات في ميادين جديدة في الفيزياء جعلت من الصعب قبول التفسير الميكانيكي على علته . فقد ظهرت ابحاث خرشوف وتجربة ميكلسون ومورلي وهرتز وماكس بلانك . ونقد ماخ وبوانكاريه فكرة القانون الطبيعي ثم جاء آينشتين بنظرية النسبية الخاصة والعامة فتوج ما بدأه سابقوه .

وتبع انهيار النظرة الميكانيكية رد فعل قوي في الدوائر الرجعية . فنادى الرجعيون بالويل والشبور . وقالوا ان تهافت وجهة النظر الميكانيكية معناه « افلاس العلم » ولذلك فمن الواجب الرجوع الى القرون الوسطى . وهذا هو السبب في عدا الكثرين لنظرية النسبية وجلهم من اصحاب المدرسة الميكانيكية المتزمتة .

عرف أنشتين باكتشافات عدة ليست نظرية النسبية غير واحدة منها وان تكون امها . فمعد قدومه الى برن كانت تشغله مشكلة الضوء والحركة .

لقد كان معلوماً قبله ان الحرارة مرتبطة بحركة الجزيئات حركة غير منتظمة : فكلما ارتفعت الحرارة ازدادت هذه الحركة . لكن لم يكن هناك من دليل مباشر على وجود الجزيء ، لان التركيب الجزيئي للمادة كان لا يزال فرضاً يمكن الشك فيه .

كان من الشائع المعروف ان دقائق من المادة صغيرة جداً ولكنها ترى بالميكروسكوب ، اذا وضعت في سائل فانها تنشط وتتحرك حركة غير منتظمة وقد اكتشف هذه الظاهرة العالم النباقي الاسكوتلندي روبر براون بالنسبة الى ذرات اللقاح الموضوعة في المساء فعرفت باسمه منذ ذلك الحين واطلق عليها الحركة البراونية . ولا ترجع هذه الحركة الى اهتزاز الوعاء او تيار الهواء او اي شيء آخر غير ذات الجزيء . وهي تزداد كلما ارتفعت حرارة السائل .

فجاء أنشتين عام ١٩٠٢ واعاد النظر في هذه الحركة وربطها بالنظرية السابقة التي تقول بحركة الجزيئات حركة غير منتظمة متناسبه مع درجة الحرارة . وبرهن على ان نتائج هذه النظرية تنطبق على الدقائق المرئية بالميكروسكوب ، اي ان الحركتين من نوع واحد . ومن ملاحظة حركة هذه الدقائق المرئية استخراج معلومات جمة عن الجزيئات غير المرئية ، فوضع قانوناً مؤداه ان معدل انتقال هذه الدقائق من اتجاه ما يكبر بنسبة الجذر التربيعي للعدة . واطهر في سنة ١٩٠٥ كيف يمكن تحديد عددا لجزيئات

في وحدة من الحجم ، وذلك بقياسه للمسافات التي تقطعها الجزيئات
المرئية .

ثم ثبتت هذه النظرية أخيراً على يد الفيزيائي الفرنسي يوحنا بران كما ادرجت
ظاهرة الحركة البراونية فيما بعد في مقدمة البراهين « المباشرة » على الحقيقة
الجزيئية .

من المعلوم ان أبسط الطرق لأحداث الحوارة هي إحماء سلك معدني مثلاً
فإذا تعرض هذا الجسم للحرارة تعرضاً كافياً تغير لونه باشتداد درجة حرارته .
فهو يحمر أولاً ثم يصفر وأخيراً يبيض . وقد بذلت عدة محاولات لتفسير هذه
الظاهرة فبأت جميعها بالفشل إلى أن جاء ماكس بلانك فوجد بالتحقيق
الرياضي وحده معادلة تتفق مع نتائج التجربة . وأخذ ما تماثل به هذه المعادلة
أنها تقوم على اعتبار أن الطاقة الصادرة عن الجسم المحمي لا تصدر عنه صدوراً
متواصلاً بل تصدر صدوراً متفاصلاً أي على نحو متقطع ، على أجزاء أو مقادير
منفصل بعضها عن بعض وأطلق بلانك على هذه الأجزاء المفترضة اسم الكموم
جمع كم .

ولم يكن لبلانك سند من تجربة . لكنه استنتج بناء على أسس نظرية محضة
ان كل كم يحمل في تضاعيفه كمية من الطاقة هذه معادلتها : $(ط = h \cdot \nu)$ على
اعتبار ان (ν) ترمز إلى ذبذبة الضوء و (h) ترمز إلى ثابت بلانك ، وهو
عدد صغير جداً ، ولكنه عدد لا يتغير ، وهو من أكثر الأعداد تأصلاً في

الطبيعة . ومعنى هذا العدد بصورة مبسطة أن ذرات الأجسام لا تشع الطاقة ولا تمتصها اعتباطاً ، بل بمقادير محدودة هي مضاعفات لثابت بلانك . أي أن هذه المقادير وحدات عنصرية لا تتجزأ . فالعملة المستعملة هنا لا تقل عن الكم . فإما كم صحيح أو لا كم على الإطلاق . فالطبيعة هنا تسير قفزاً وتطبق مبدأ الكل أو شيء ، فهي لا تستعمل في جميع مبادلاتها عملة أقل من الكم .

ولم تتجلب النتائج العميقة لاكتشاف بلانك إلا عام ١٩٠٥ عندما تصدى آينشتين لتطبيقه في ميدان آخر . لقد اكتفى بلانك بوضع معادلة الضوء ، ولكنه لم يقل لنا ما هو الضوء . فافترض آينشتين أن جميع صور الطاقة المشعة (ضوء ، حرارة ، أشعة أكس) تنتشر في الفضاء بمقادير أو كموم متفاصلة . وهكذا فإحساس الحرارة الذي نستشعره ونحن أمام الموقد هو نتيجة لقذف جلدنا بوابل من كموم الحرارة المشعة . وكذلك إحساسنا باللون منشؤه قذف أعصابنا البصرية بوابل من كموم الضوء التي تتفاوت كبراً وصغراً . فاللون البنفسجي قوامه أجزاء كبيرة من هذه الكموم ، بينما اللون الأحمر قوامه أجزاء أصغر منها جداً . وإذ له فليس امتصاص الضوء وأشعاعه وحدهما يجريان بمقادير متفاصلة ، بل الضوء نفسه يتألف من أجزاء متفاصلة ، من كموم . وأطلق آينشتين على كم الضوء اسم الضوئي (أو الفوتون) .

ثم اثبت آينشتين ذلك تجريبياً . لقد كان معروفاً قبله أنه إذا وقع شعاع من الضوء البنفسجي الخالص على جسم معدني فإن سيلاً من الإلكترونات ينطلق منه . لكن إذا وقع شعاع من الضوء أقل تذبذباً من اللون البنفسجي ، كاللون الأصفر أو الأحمر مثلاً - على جسم معدني انطلقت الإلكترونات أيضاً ، ولكنها بسرعة أقل من ذي قبل . فسرعة الإلكترونات المنتزعة تتوقف فقط على لون الضوء ، (أي على تذبذبه) الذي يقع على المعدن وليس على شدته . وقد اكتشف هذه الظاهرة عام ١٩٠٢ أحد خصوم آينشتين الألداء فيليب لينار الذي صادفناه في الباب السابق .

وهذه الظاهرة التي لم يستطع أحد تفسيرها هي دليل قاطع على صحة نظرية انشتين السابقة ، فما عليه إلا أن يسدّد إليها الأنوار الكاشفة لنظريته السابقة . ففوتونات اللون البنفسجي أو ما بعد البنفسجي وما فوقه تخزن كمية من الطاقة أكبر مما تخزن فوتونات اللون الأحمر أو ما تحت الأحمر ، وتتناسب السرعة التي ينطلق بها كل الكترون من الجسم المعدني مع طاقة الفوتون الذي وقع عليه . وصاغ انشتين هذا المبدأ في سلسلة من المعادلات الرياضية ووضع له قانوناً عاماً هو القانون الضوء - كهربي الذي رأيناه يُمنح جائزة نوبل من أجله .



ان جميع أفكارنا تقوم على تمثّلنا للأشياء تمثّلاً يأخذ اللاحق فيه بعنق السابق من الزمان وتتعاذى الأجسام فيه نوع تحاذ في المكان . فالزمان والمكان فكرتان واضحتان يبدو أن من المستحيل تعريفهما بكلمة أخرى غيرهما . ويخيل إلينا أنهما أمران موجودان في الخارج وجوداً عينياً .

هذا وإن فكرتي الزمان والمكان اللتين تنزلان عندنا منزلة اليقين والضرورة يثبت التاريخ أنهما فكرتان قد تطورتا كثيراً وأنها من صنع العقل ، وليستا من بديهية الاستبطان . فقد نضجتا بنضج العقل البشري ونشأتا بنشأته .

فأشعار هوميروس (في القرنين التاسع والثامن قبل الميلاد) لا ترد فيها كلمة « مكان » . وكذلك الحال في الفلسفة اليونانية في بداية نشأتها ، فهي لا تعرف كلمة « مكان » بل كلمة « محل » أو « موضع » الأشياء . وأما المكان الخالص ، أي انعدام الأشياء والزمان الخالص ، أي انعدام الأفكار والمشاعر ، فهما فكرتان مجردتان تكوّنتا بالتدرّج . ولم يتم تجريد هاتين الفكرتين لدى اليونان

إلا في عهد الأيوبيين ابتداء من القرن السادس قبل الميلاد .



إن فكرة الزمان المعاش على جانب كبير من التعقيد . فالفترة التي تفصل بين حالتين من حالات الشعور عند أحدهما تتألف منها فكرته عن المدة لكن تقدير هذه المدة ليس دقيقاً أبداً : فهو يتوقف على عدد الحوادث التي نراجعها في هذه المدة وعلى شدتها وعلى طابعها العام .

يضاف إلى ذلك أن شعورنا الفاعض بالمدة يتقلب في مراحل مختلفة ويسرع كلما تقدم بنا العمر . فالشيخوخة تحدث تغييراً في مجرى الزمن . فالأيام فيها تجري سراعاً وتتطوي طياً ، بينما أيام الطفل تمشي على هنتها . ويحاول الفسيولوجيون اقتناص هذا الشعور وقياسه بربطه بسرعة التئام الأنسجة في مختلف مراحل العمر . وإذا كانت الصلة بين هاتين الظاهرتين لم تتجمل بعد الجلاء كافياً فليس غريباً أن نتصور في مقابلة هبوط حدة الحواس وبطء المنعكسات تغييراً في قيمة أيامنا وقرارها .

إن مجرى الزمن مرتبط فينا بتغير المواد الفروية لخلايا جسمنا ، وعلى الخصوص خلايا الدماغ . فإن أنواع الشذوذ التي تطرأ على شعورنا بالزمن المعاش في بعض الحالات غير السوية (النوم) أو الحالات المرضية (حمى ، تسمم) يعاقلها تغيرات في توازن الفرويات للجهاز العصبي . ويخضع تغير هذه الفرويات للبدا الثاني من مبادئ الديناميكا الحرارية مبدأ كارنو ، ألا وهو مبدأ اللارجعة فمحور الزمن له اتجاه واحد هو الاتجاه الأمامي ، ولا يرجع إلى الوراء أبداً . ومبدأ اللارجعة هذا يسيطر على حركة التطور في الكائنات جميعاً ، وتسود فيه فكرة الاحتمال : فالحالة الأكثر احتمالاً تعقب حالة أقل احتمالاً من غير أن ترجع إلى الوراء . وهذا هو السبب الذي يحول دون نكوص

الجاميع المعقدة (ومنها الإنسان) وتقهرها عبر الزمن . وإذن فمجرى حياتنا ،
ومجرى زماننا المعاش الذي لا يُقهر ^{فيها} حالة خاصة من حالات مبدأ من
مبادئ فيزياء الجاميع المعقدة .



وقد يبدو لأول وهلة ان زمان الساعات اضبط الاوقات واحكمها .
ولكن هيات ! فزمان الساعات وان يكن اضبط من الزمان النفسي نسبياً الا
انه ليس ثابتاً على كل حال . والقول بثبوت امر فرضي يراد به تنظيم حياتنا
العملية ، ولكنه غير دقيق نظرياً . فاذا كانت الساعات تصلح لقياس الاوقات
الطويلة . ذلك اننا اذا جئنا بساعتين جيدتين وضبطناهما ضبطاً محكماً ثم
راقبناهما مدة طويلة نجد ان الفرق بينهما يزيد كلما طال عليها المهد . وكذلك
الايام ليست متساوية فالساعة الجيدة التي تسجل فرقاً في اليوم قدره ثانية او
اقل تكفي للبرهنة على تفاوت الايام الشمسية فيما بينها : فالיום الواقع في ٢٣
كانون اول (ديسمبر) يزيد بمقدار احدى وخمسين ثانية عن اليوم الواقع في ١٦
ايلول (سبتمبر)

وقد كان يظن ان اليوم النجمي ثابت ثبوتاً مطلقاً . فلقد لوحظ ان شروق
النجوم وغروبها وذلك لشدة بعد النجوم عن الارض . وقد بدى العمل بهذا
الزمان منذ نهاية القرن السابع عشر ولا يزال يستعمل الى يومها هذا في المراصد
والتقاويم الفلكية . فساعة المرصد لا تحتل في العادة الا بمقدار جزء بالئمة من
الثانية تقريباً .

ومع هذا فالיום النجمي عرضة للخلل ايضاً ، ذلك لانه يظل معتمداً على
دوران الارض في الفضاء وليس على دوران النجوم ، ودوران الارض ليس
طليقاً بل تمرقه عوامل عدة اهمها ان الفضاء مشحون برواسب كونية نرى

بعضها ليلاً على هيئة شهب ونيازك ، ومن شأن هذه الرواسب ان تكبح من حركة الارض حول نفسها وحول الشمس ، وبالتالي ان تبطيء اليوم النجمي . وكذلك ينهر في جميع الاوقات وابل من الاجرام السماوية على الارض فيزيد من كتلتها وتبطؤ حركتها . ولكن اهم العوامل المعوقة التي ينتج عنها تباطؤ الزمن هي قوة الاحتكاك اتساع مدار القمر في فلكه وبالتالي ابتعاده عن الارض ، وبابتعاده يطول الشهر القمري . وسيأتي زمن يصبح طول اليوم فيه ٤٧ يوماً من ايامنا الحاضرة ! وكل آت قريب .



هذا وقد استبدت فكرة اطلاق الزمان والمكان وتأصلها في الوجود بجميع الازدهان وكانت مناط البحث العلمي . فالعلم منذ ارسطو حتى عصرنا هذا يقوم على افتراض ان الزمان موجود وجوداً مطلقاً وكذلك المكان . وبعبارة اخرى كان لا يدور بخلد احد ان طولاً من الاطوال او مدة من المدد يمكن ان يختلفا باختلاف الاشخاص . فهما معطيان ثابتان مطلقان لا يأتيتها الباطل من بين يديهما ولا من خلفها . فنيوتن ابو الميكانيكا التقليدية كان يعتبر نفسه انه يردد قولاً معاداً عندما قال : « ان الزمن المطلق الرياضي الحق ، منظوراً اليه في ذاته ، ومجرداً عن أي ارتباط بموضوع خارجي ، يجري على نمط واحد بفضل طبيعته الخاصة ... والمكان المطلق - من جهة اخرى - مستقلاً عن أي ارتباط بالاشياء الخارجية يظل سرمدياً لا حراك به ابد الآبدين ودهر الداهرين » .

فالعلم منه ، والفزياء ، والميكانيكا كما لا تزال 'تعلم' في المدارس والجامعات حتى اليوم ، تقوم جميعاً على مقالة نيوتن ، على تصريجه بوجود زمان مطلق ومكان مطلق ، منظوراً اليهما في ذاتهما وبفض النظر عن متعلقاتهما الخارجية .

ومع هذا فمنذ نيوتن ، بل ومنذ أرسطو ، كان يمكن بقليل من أعمال الفكر الفلسفي تبين خطأ هذه النظرة . فالتعينات الزمانية والمكانية التي نلصقها بالأشياء لا تتلقاها حواسنا إلا بسبب من الانطباعات التي ترد إلينا من الخارج . ' ترى هل عسانا أن نفكر بالزمان والمكان لو محقت جميع الأشياء التي ننظر إليها من خلالها ، وبالأحرى التي ننظر من خلالها إلى الزمان والمكان ؟ اجاب ابيقور على شطر من هذا السؤال منذ أكثر من ألفي عام بقوله : « لا وجود للزمان بذاته » بل وجوده بالأشياء المحسوسة وحدها ، تلك الأشياء التي نشأت عنها فكرة الماضي والحاضر والمستقبل . ان الزمان لا يمكن تصوره بذاته مستقلاً عن حركة الأشياء أو سكونها »

ويرجع إلى بوانكاريه بحق فضل السبق إلى القول بأن الزمان والمكان أمران نسبيان . ان هذا العالم العظيم هو صاحب الفضل في كثير من الأمور التي 'نعزى في العادة إلى آتشتين . ولكن هذا لا يغض أبداً من فضل انشتين الذي برع في غير هذا القول .

فبوانكاريه يرى « أن من المستحيل تصور المكان الحالي ... فكل من يتكلم عن المكان المطلق إنما يهذر في كلام لا معنى له .. » فلو كبر حجم العالم ألف ضعف عن حجمه الحالي فإنه يظل يبدو لنا كما هو ، ولا نحس أجسامنا بأي فرق ، لان جميع الأطوال والمقاييس تكبر بهذه النسبة أيضاً . فالمكان نسبي ، ولا يمكننا تصوره مستقلاً عن الأشياء التي يقاس بها . وكذلك الحال في الزمان وأوغل بوانكاريه في نسبته هذه حتى قال أن دوران الأرض حول الشمس لا يخرج عن كونه فرضاً أيسر من الفرض القديم وأقرب تناولاً ولكنه ليس أصح منه ، لان فكرة الصحة تتضمن فكرة الإطلاق .

وإذا كان لي أن اخص في شيء من التصرف وجهة نظر بوانكاريه

وأمثاله من القائلين بنسبية الزمان والمكان قبل انشتين فاني اقول :
يرى هؤلاء ان الامتار هي التي تخلق المكان وان الساعات هي التي تخلق
الزمان .



يخلص معنا من ذلك ان الزمان المطلق لا وجود له ، بل هو رهن بالحركة ،
وكذلك لا وجود للمكان المطلق ، بل هو رهن بالاشياء المتمكنة ، أي التي
تحتل مكانا . ان المطلق حلم يدغدغ جميع العقول منذ فجر الفلسفة حتى
اليوم ، ومثل أعلى يصعب التغلبي عنه . لقد احب الجميع المطلق و ارادوا أن
يتصوروا الكون على غرارهِ وكانوا يغمضون أعينهم عن متطلباته التي لا تروق
للعلم ولا للفلسفة . وكأي من مرة اهتم العقل ذاته وادواته وتجاربه لانها لا
تصل الى تحقيق هذا المطلق . فكأنني بالعقل في جميع هذه المحاولات الفاشلة يريد
ان يصصح الكون الذي يتمرد على كل اطلاق ، وان يفرض عليه ما يجب
ان يكون .



ونجني التجربة التالفة ضفنا على إباله . من المعلوم ان الضوء ينتشر في
الفضاء بين النجوم ، والا لما امكننا رؤية هذه النجوم . ولقد حملت النظرة
السائدة بين العلماء في القرنين الماضيين على نسبة خصائص ميكانيكية الى
الفضاء ، على تطبيق قوانين الميكانيكا التقليدية على علم البصريّات ،
على تمديد الفضاء (مليئة بالمادة او اعتباره ماديا) بفرض وجود
الاثير فيه .

فعلماء الفيزياء في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر كانوا يقولون انه اذا كان

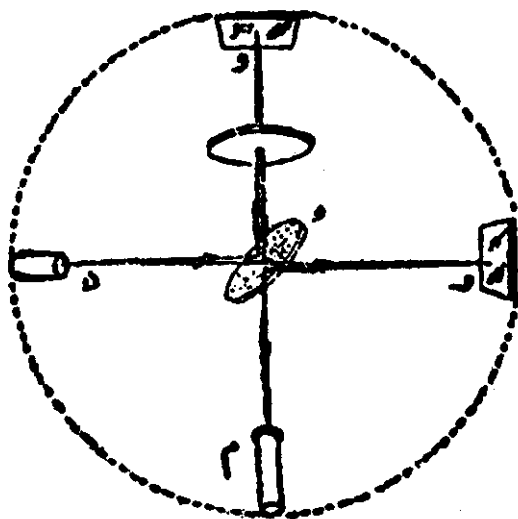
الضوء يتألف من امواج ، فلا بد من وجود وسط حامل لهذه الامواج ، كما ان الماء ينقل امواج البحر ، والهواء ينقل امواج الصوت . فلو لا الماء لما وجدت امواج البحر ، ولو لا الهواء لما وجدت امواج الصوت . هذا الوسط هو الاثير . وقد عرف اللورد سلسبري الاثير بأنه فاعل الفعل « تموج » . فكان العطاء يرون ان الاثير يملأ كل مكان ويتخلل كل مادة . ثم جاء فراداي فمدل فكرة الاثير واعتبره ناقع للقوى المغناطيسية والكهربائية . واخيرا لما جاء مكسويل بنظريته القائلة بان الضوء اختلال كهربيسي ظن ان نظرية الاثير قد استتب امرها .

واذا شبهنا امواج الضوء في الاثير بامواج الصوت في الهواء قامت صعوبات جمة لا بد من مواجهتها . فالمعلوم ان الطائفة او القذيفة عندما تندفع في الجو تمرضها مقاومة الهواء لها كما انها تجر معها كمية من الهواء طوال رحلتها . ترى اذا كانت الارض تسبح في الاثير فهل من الممكن الوقوف على حركتها فيه وهي تدور حول الشمس ؟ وهل يكبح هذا الاثير سير الارض وغيرها وهي تندفع فيه ، وهل تجر معها كمية منه كما هو الحال في الطائفة او القذيفة ؟ اجابت التجربة جوابا متناقضا : فقلت لا ، فارة ، وقالت نعم ، فارة اخرى .

هناك اولا ظاهرة الحيود التي اكتشفها برادلي منذ زمن طويل . ومؤداها اننا اذا نظرنا الى نجم من خلال منظار مكبر فان صورة النجم لا ترتسم على العدسة في اتجاه النجم بالضبط بل تحيد عنه قليلا . وعلة هذا الحيود انتقال المنظار بانتقال الارض في دوراتها حول الشمس انتقالا طفيفا ، وهذا دليل على ان الاثير الذي يملأ المنظار ويحيط بالارض لم يشارك في حركتها ، اذ لو شارك

لأرستمت الصورة في موضعها الصحيح . وثمة تجارب أخرى مماثلة أدت إلى النتيجة عينها .

وجاءت تجربة أخرى تقول أن الأثير لم يشارك في حركة الأرض مشاركة تامة ويندمج بها اندماجاً لا يسمح بظهور أي فرق بين الحركتين . فلقد قام ميكلسون ومورلي في كليفلند (أمريكا) عام ١٨٨١ بتجربة حاسمة في هذا الشأن . ومبدأ هذه التجربة بسيط للغاية : فإذا غادر شخصان مكانها وانطلق أحدهما في اتجاه الآخر فلا بد أن يلتقيا بأسرع مما لو ظل أحدهما في مكانه بانتظار الآخر . والسياسة في اتجاه الماء أسهل ، وبالتالي أسرع ، منها في الاتجاه



الشكل الأول

المعاكس أو الاتجاه العمودي عليه . فإذا انطلقت شعاعتان من النور إحداها في

اتجاه حركة الأرض والأخرى في الاتجاه المعاكس أو العمودي عليها ، فلا بد ان تصل الشعاع الأولى إلى منتصف الطريق بينها قبل الشعاع الثانية ، لأن سرعة الأرض ستضاف إلى سرعتها . هذا ما يملن المنطق السليم والقياس الصائب ، وقانون جمع السرعات في الميكانيكا التقليدية . ولكن يحلو للتجربة أحياناً تتجاهل المنطق ، وتسخر بالقياس ، ويخطيء في الحساب !! وهذا ما حدث في تجربة ميكلسون - مولي .

لنفرض أن شعاعاً من النور (ن) تخرج من مصدرها وتقع على المرآة (هـ) وهي مرآة نصف مطلية بالفضة ، أي نصف شفافة ونصف عاكسة ومائلة بمقدار ٤٥ درجة . فلا بد أن تنشق الشعاع كما في الشكل إلى شقين : المعكوسة (ن هـ د) والنافذة (ن هـ و) وتوجد في كل من (د) و (و) مرآة عادية على بعد واحد من المرآة (هـ) تعكس كلا من الشعاعتين (ن هـ د) و (ن هـ و) إلى المرآة (هـ) . وهنا عند التقائهما ثانية تعكسان عكساً نصفياً إلى (م) أي أن نصف الشعاع الشمالية يخترق المرآة إلى (م) ونصف الشعاع الشرقية ينعكس عنها إلى (م) أيضاً حيث يوجد جهاز خاص اسمه مقياس التداخل الضوئي يكشف لنا عما إذا كانت الشعاعتان قد وصلتا معاً إلى (م) في وقت واحد أم وصلتا متلاحقتين .

في هذه التجربة شعاعتان : أحدهما في اتجاه حركة الأرض والأخرى في الاتجاه العمودي عليها . وإذن فمن المنطق أن تصل الأولى قبل الثانية .

على هذه الأسس أجرى الدكتور ميكلسون والأستاذ مورلي تجربتهما التاريخية الخطيرة ببالغ الدقة والإحكام . ولكن لسوء الحظ ، بل لحسن الحظ ، وصلت الشعاعتان معاً في وقت واحد بالضبط ، ولم يظهر أي فرق في مدة رحلتي الشعاعين .

صحيح أن سرعة النور عظيمة جداً (٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر في الثانية) وأن حركة الأرض حول الشمس بطيئة جداً (حوالي ٣٠ كيلومتر في الثانية) وأن الطريق التي تقطعها الشعاعتان في التجربة قصيرة جداً ، إلا أن الجهاز كان من الدقة بحيث يمكنه أن يسجل فرقاً قدره جزء من الكيلومتر الواحد في الثانية . وقد أعيدت التجربة مثنى وثلاث ورباع في أزمنة مختلفة وفي أماكن مختلفة ، فكانت النتيجة واحدة . لقد وقع ما لم يكن بالحسبان . فالنور ينشر بسرعة واحدة سواء كان في اتجاه حركة الأرض أم في الاتجاه العاكس أو المعامد . وإن دلت هذه التجربة على شيء فلأنما تدل على أن الأثير يشارك في حركة الأرض ، وبالتالي على أن من غير الممكن اكتشاف سرعتها فيه .



لقد وقع العلم في مأزق . فأي القولين مؤذن بالصحة وأيهما أولى بالاتباع ؟

نرى ما دهم الطبيعة وهل 'جن' جنونها فما تدرك مغبة عملها ؟

يقول فرنل : « إن الطبيعة لا تعباً بالصعوبات التحليلية » ، وأضيف على ذلك أنها لا تكثرث للصعوبات الفلسفية ولا لقوانين المنطق ، بل ولا لمقتضيات الفيزياء . أنها تعمل والسلام . وأما القول بأن فكرة من الفكر لا تكون صحيحة إلا بمقدار ما تنطبق على عقولنا فهو هراء من هراء . لأن ذلك معناه أن الكون قد 'قد' بالضرورة وفاقاً لقولات عقلنا وأنه يحرص على الانسجام مع مطالب فكرنا . وهذا للعمري رجوع إلى غائبة القرون الوسطى وإلى غرور النظرة التي تجعل الأرض والإنسان مركز العالم . فليكن الكون ما يحلوه أن يكون ، وما علينا إلا أن نسجل كينونته .



والمخلاصة لقد أرتج على العلماء وحاروا في تفسير هذا التناقض في سلوك الطبيعة . فقال قوم أن في الأمر سرأ . واثم آخرون إحدى التجريبتين . وكذلك انقسم العلماء على انفسهم زهاء ربع قرن وكانوا شيعاً واحزاباً لا يدرون ما هم فاعلون .

فهم امام امرين : اما ان يتخلوا عن نظرية الاثير (التي فسروا بها ظواهر كثيرة : كهربائية وكهرطيسية وضوئية) لمجزها عن اكتشاف الارض فيه ، اما ان يتخلوا عن اكتشاف حركة الارض فيه واما ان يتخلوا عن نظرية كوبر نيقوس التي قامت التجربة على صحتها والقائلة بان الارض متحركة . لقد كان الرجوع الى نظرية بطلينوس القائلة بسكون الارض احب الى نفوس كثير من الفيزيائيين من القول بان الامواج — الامواج الضوئية والامواج الكهرطيسية — يمكن وجودها من غير وسط تتموج به . لقد وضع العلماء فروضاً عدة ، ولكنهم لم يلبثوا ان عدلوا عنها . اعاد مورلي وميكلسون التجربة واعادها كثيرون من بعدها ، ولكن عبثاً . فالنتيجة ظلت هي هي : ان سرعة الارض الظاهرة في الاثير تساوي صفراً .



لقد سددت هذه التجربة ضربة قاصمة لفكرة الاطلاق في الطبيعة فالاطوال والابعاد امور نسبية . والمسافة بين نقطتين اثنتين لا يظل مقدارها ثابتاً ، بل هي تتراوح طولاً وقصراً . هذا ما افترضه فترجرالد ثم لورانتز قبل اثنتين بحوالي عشرة اعوام . فالمسافة (ن ه و) في الشكل السابق يتغير طولها تبعاً لاتجاهها . فاذا كانت في اتجاه حركة الارض اصابتها تقلص طفيف لا يلحق بها وهي في الاتجاه العمودي . وكذلك المسافة (د ه م) وهذا التقلص في احد الاتجاهين هو الذي جعل الشعاعين تصلان معاً بحيث يعوض الفرق بينهما .

وقد اعيدت التجربة باجهزة تتألف من مواد مختلفة ، فكانت النتيجة واحدة . ومعنى هذا ان طبيعة المادة التي يتألف منها الجهاز (معدن ، زجاج ، حجر ، خشب الخ) لا دخل لها مطلقاً في حدوث التقلص . فجميع الاجسام تتقلص في اتجاه سرعتها ، فالتقلص أذن مرتبط بالسرعة ، فكلما كان الجسم سريعاً زاد تقلصه .

وهذا التقلص ليس امراً غريباً لا نظير له في الطبيعة ، فاذا دفعنا بكرة من الكاوتشوك مثلاً على الحائط بشدة فانها تتقلص قليلاً في اتجاه حركتها بمقدار زخم الضربة . ان فرض فتزجر الد شيء قريب من هذا . ان تقلص جسم من الاجسام الارضية لا يمكن لسكان الارض ان يشعروا به . واذا كان لأحد أن يلاحظ هذا التقلص فلا بد أن يكون كائناً اجنبياً عن الارض لا يشارك في حركتها كان يكون من سكان المريخ مثلاً .



لم يقتصر أمر لورنتز على الاتيان بفرض جريء كما فعل فتزجرالد . بل لقد أراد ان يرى ماذا يتأتى لمنطوق مخلف القوانين عندما ينتقل الجسم الخاضع لها من عالم الى آخر . ان هذه المسألة بسيطة رياضياً . فكل ما هو مطلوب انما اجراء تعديل في الاحداثيات فالمعلوم انه لتحديد موقع أي جسم لا بد له من ثلاثة احداثيات : احداثي الطول (ط) والمرض (ض) والعلو (ع) . فنقول أن الطائرة مثلاً تقع عند تقاطع خط عرض كذا بخط طول كذا على ارتفاع كذا من الارض . ولما كانت حركة الجسم لا تكون غالباً ألا في اتجاه طوله (ط) فان الاحداثيين الآخرين (ض) و (ع) لا يضيئنا امرهما ، لان تقلص الاجسام لا يكون الا في اتجاه طولها .

فإذا انتقل الجسم من عالم الارض الى عالم الشمس مثلاً فلن يتغير منه الا (ط)

مها كان التغير طفيفاً ، وهذا التغير يتوقف على سرعة الجسم في العالم الآخر . واصطلاح لورنتز على تسمية هذه السرعة بـ « الزمن المحلي » . ولذلك استبدل الحرف (ط) رمز الطول بالحرف (ز) رمز الزمن . واما (ض) و (ع) فيظلمان على حالهما . هذا هو مبدأ ما يسمى بتحويله لورنتز ولن نخوض في تفاصيلها الرياضية . فحسبنا أن نقول ان هذا الاصطلاح الجديد « زمن محلي » لم يكن له في ذهن لورنتز اي معنى فيزيائي يدل على شيء حقيقي بالذات . فهو حيلة رياضية للتعبير عن الوضع الجديد للجسم من العالم الدخر ، لا أكثر ولا أقل ، كسائر الاصطلاحات والرموز الوهمية التي تستعمل في الرياضة .



وهنا يتفتق ذهن آنشتين . فما كان وما عند لورنتز بنقب حقيقة واقعة عند آنشتين . فنظرية النسبية هي أعظم محاولة تركيبية قُدِّرَ للفكر البشري ان يشهدا مع انها تقوم في أساسها على الصدفة . إذ لو لم يُدخل لورنتز في معادلاته اصطلاح « الزمان المحلي » الذي لم يكن له في ذهنه أي معنى ذاتي ، فأننا لا نستطيع أن نقطع بما كان عسى ان يتمخض عنه دماغ آنشتين . ولكننا نمسك عن الاسترسال في هذا التفسير الذي يعلق على الصدفة قيمة قد تكون اكبر مما ينبغي . فما لنا ولهذا اللغو . فالحوادث تترايط وتتداعى ويأخذ بعضها برقاب بعض حتى يصعب التمييز فيها بين نصيبها ونصيب العبقري . والعبقریات قد تتخلا من أتفه الامور نقطة انطلاق لها ، كالكيل الطافح بالماء ينسكب لأقل هزة . فسقوط التفاحة الذي يحري كل يوم أمام اعيننا اختار نيون وحده من بين افراد العالمين : ليقدم له بمعنى جديد . وكذلك الشأن في نظري في كل عبقرى على تفاوت في الحالات . فما نظنه سبباً جوهرياً قد لا يبدو ان يكون فرصة مناسبة للتفتق العبقري .



وكذلك يجب الانطلاق اي اهمية على الزعم القائل بأن صرح نظرية النسبية يدن بكل وجوده لتجربة ميكلسون - موري . إن هذا قصر في النظر ، وضعف في التقدير والحساب وخطأ في الاستنتاج ، كان يمكن التغاضي عنه لو قيل في القرون الوسطى او في القرنين السالفين ، حيث كانت تسود الميكانيكا التقليدية . وأما اليوم عصر العلم الديناميكي ، فلا يجوز السكوت عن هذه المزاغم . فتجربة ميكلسون - موري قد وسعت الشقة بين الديناميكا الكهربائية والميكانيكا وزادت من حدة الازمة التي كانت تعاني منها العلوم الفيزيائية قبلها ، فطُفح بها الكيل ، وكان لا بد لها أن تتمخض عن مولود جديد ، فتمخضت عن آنشتين الذي جاء على موعد مع الاحداث .



لقد استنطق آنشتين تجربة ميكلسون وموري واستقرأ نظرية فترزجرالد ولورنتز فاقنتص منها اشياء واشياء . اتهم الميكانيكا التقليدية وانتقد فكرتنا عن الزمان المطلق . لقد وضع يده على السر . لقد اكتشف لماذا تعارض الطبيعة في الاجابة على السؤال المتعلق بفشل هذه التجربة : فالسؤال لا معنى له بالنسبة الى الطبيعة . ان الخلاف منشؤه افكارنا الخاطئة عن الزمان والمكان . ففي سنة ١٩٠٥ وكان في السادسة والعشرين من عمره نشر بحثاً استلهه بانكار وجود شيء اسمه « الاثير » تتحرك الاجسام بالنسبة اليه حركة مطلقة . اذ لو كان وجوداً لا يمكن اكتشاف آثاره . وهاجم للفكرة السائدة عن المكان متطوراً اليه كإطار ساكن مطلق يمكن التمييز فيه بين حركة مطلقة وحركة نسبية ان سرعة النور يجب ان تكون واحدة ثابتة لما وصلت الشعاعتان معاً . فسرعة الارض لا تزيد من سرعته كما لا تنقصها . ولقد حققت التجربة نبوءة آنشتين فيما بعد . وتشبه هذه السرعة القصوى من لواحي كثيرة درجة الحرارة

٢٧٣ تحت الصفر والتي تسمى درجة الصفر المطلق ، وهي الحد الاقصى للبرودة لا يمكن تحطيه .

ولو كان الكون ساكناً وكانت سرعة النور لحظية (أى تقعر الكون كله دفعة واحدة كلمح البصر) لكان الزمان مطلقاً . ولكن الكون دائب الحركة فالنجوم والسدم والمجرات لا تعرف السكون . وحركاتها لا يمكن وصفها إلا بنسبة بعضها إلى بعض ، إذ ليس في الفضاء انجاء أولى من اتجاه ولا حد أولى من حد ، وليس فيه نجم كبير ونجم صغير ، ونجم سريع ونجم بطيء ونجم عال ونجم واطئ بل فيها نجم اكبر من نجم ، ونجم أسرع من نجم ، ونجم أعلى من نجم ، فالمكان كما يقول لينتز قبل انشتين بقرنين من الزمن . « هو نظام علاقة الاشياء بعضها مع بعض ، فاذا لم يكن فيه شيء لم يكن شيئاً .

إن النور هو الوسيلة الوحيدة لنقل ظواهر الطبيعة من مكان إلى آخر . ولما كانت سرعة النور محدودة (٣٠٠,٠٠٠ كم ف.ث.) وليست لحظية ، فالزمان نسبي ، لأن النور الذي ينقل الحوادث من مكان إلى آخر يستغرق وقتاً . فلكل عالم زمانه المحلي الخاص به .

إن أكثر ما يحيط بنظرية النسبية من غموض مرجعه تلك الصعوبة التي يجدها الإنسان في القول بأن الإحساس بالزمن - شأن الإحساس باللون - صورة من الإدراك الحسي . فكما أن اللون لا وجود له إذا لم توجد عين تميزه ، فكذلك الدقيقة والساعة ليسا شيئاً إذا لم تكونا أمانة على حادثة . وكما أن المكان ليس غير نظام الأشياء المادية فكذلك الزمان ليس غير نظام الحوادث . ولقد ألح انشتين على هذه الفكرة : ذاتية الزمان ، ولم ين عن ترديدها في جميع كتبه أو أهمها على الأقل . فقال في الصفحة الأولى من الـ « أربع محاضرات في نظرية النسبية » مثلاً : « تبدو لنا خبرات الفرد منسقة في سلسلة من الحوادث . وتبدو لنا كل حادثة من هذه السلسلة كأنها هي منتظمة تبعاً لمعيار الـ « قبل » والـ « بعد »

أو « المتقدم » و « المتأخر » أو « السابق » و « اللاحق » . وبالتالي فلكل فرد « أنا - زمان » أو زمان شخصي أو ذاتي . وهذا الزمان لا سبيل إلى قياسه . حقا إني أستطيع أن أربط كل حالة شعورية برقم من الأرقام ، بحيث يقابل كل حالة لاحقة رقم أكبر من رقم الحالة السابقة . ولكن طريقة هذا الربط تظل اعتباطية على كل حال . ويمكنني كذلك القيام بهذا الربط على نحو أدق بواسطة الساعة ، وذلك بمقارنة الحالات الشعورية بعضها ببعض . ونعني بالساعة شيئا يبيع لنا سلسلة من الحوادث يمكن تعدادها .



وإننا برجعنا إلى خبرتنا الخاصة بالساعة نموضع فكرة الزمان (أي نجعلها شيئا موضوعيا) . ومع هذا فقد رأينا أن الفترات الزمانية التي تقيسها الساعة ليست كميات مطلقة مفروضة على الكون كله بمرسوم إلهي . كلا فجميع ساعاتنا قد ضبقت تبعا للنظام الشمسي . فما المدة التي نسميها ساعة إلا قياس مكاني - قوس قدره ١٥ درجة من دورة الكرة الساهوية اليومية الظاهرة . فكان عطارد - لو وُجدوا - لهم فكرة عن الزمن تختلف عن فكرتنا اختلافاً تاماً لأن عطارد ، وهو أسرع السيارات وأقربها إلى الشمس ، يدور حول هذه الأخيرة في ٨٨ يوماً من أيامنا ويدور دورة واحدة حول محوره في نفس المدة أيضاً . وهكذا فالسنة واليوم يتساويان على سطح هذا السيار !

وتفقد فكرة الزمن الأرضي كل معناها إذا انتقلنا إلى جو الشمس التي تنتسب أوقات السيارات إليها ولا ينتسب وقتها إلى أي سيار . ولا يوجد بيننا وبينها ولا بيننا وبين أي سيار أو أي نجم آخر معقد للصلة الآنية . فكلية « الآن » لا معنى لها إلا على الأرض ، وفي بقعة محدودة من سطحها هي التي تحيط بي . وكل

كوكب له أنه المحدود . فمثلاً رجل في لندن يطلب رجلاً في بيروت . فمع أن الفرق في الزمن بيننا وبين انكلترا ساعتان ، لنا أن نتساهل ونقول انها يتكلمان « في وقت واحد » لأنها يعيشان على كوكب واحد وضبطت ساعتاهما تبعاً لنظام فلكي واحد .

وتمتد فكرة الزمن أكثر من ذلك إذا أردنا معرفة ما يجري في كوكب السماء الرامح مثلاً . إن هذا الكوكب يبعد عنا ٣٨ سنة ضوئية^(١) فإذا أردنا أن نتصل بالساك الرامح بالراديو « الآن » فستصل رسالتنا بعد ٣٨ سنة . ويجب أن ننتظر ٣٨ سنة أخرى قبل أن يأتينا الجواب . فسرعة أمواج الراديو كسرعة الضوء . فإذا نظرنا إلى السماء الرامح وقلنا أننا نراه الآن عام ١٩٥٦ فالحق أننا نرى طيفاً وخيالاً نقله إلى أعصابنا البصرية شعاع انطلق من مصدره عام ١٩١٨ . فقبل حلول عام ١٩٤٩ وهو موعد وصول جواب رسالتنا لا نستطيع أن نقطع بما إذا كان الساك الرامح موجوداً « الآن » حقاً .



على كل هذا فإنه يصعب على المرء وقد تأصل بالأرض أن يتقبل الفكرة القائلة بأن هذه اللحظة التي تسميها « الآن » لا تشمل الكون بأسره . ومع هذا فإن آنشتين في عرضه لنظرية النسبية الخاصة لا يني عن إثبات خطأ التفكير بإمكان وجود حوادث متآنية في عوالم لا رابطة بينها . وأوضح ذلك بالمثل الآتي :

(١) السنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة واحدة . باعتبار أن سرعته هي ٣٠٠.٠٠٠ كم ف.ث. فالقمر يبعد عنا ثمانية ضوئية تقريباً ، والشمس تبعد عنا حوالي ثمان مائة ألف كيلومتر .

وقف شخص في احد ارصعة السكة الحديدية يراقب احد القطارات .
فهبّت عاصفة هوجاء وابتقت السماء واعدت . فأصابت شرارتان الخط الحديدي
في نقطتين (ا) و (ب) في آن واحد . وهنا يتسأل آتشتين عن معنى هذه
الكلمة الاخيرة : في آن واحد . وكلما يصل الى تحديد ما على وجه الدقة يفترض
أن الشخص المذكور يقف في منتصف الخط (ا ب) تماماً وانه مزود بجهاز من
المرايا يمكنه من رؤية (ا) و (ب) في آن واحد من غير أن يحرك عينيه . فاذا
وصلت الشرارتان وانعكستا في مرآياه في آن واحد بالضبط قلنا ان الشرارتين
متأينتان . لنفرض الآن أن قطاراً قد أقبل ، وأن شخصاً آخر يقف في إحدى
العربات بحيث يكون وسط القطار تماماً ، وانه مزود أيضاً بجهاز من المرايا
يشبه جهاز الشخص الواقف في المحطة . لنفرض أن الشخص المتحرك اتفق
وجوده أمام الشخص الواقف في نفس الوقت الذي أصابت الشرارتان النقطتين
(ا) و (ب) . والسؤال الذي يخالجنه الآن هو هذا : هل يرى الشخص المتحرك
الشرارتين في وقت واحد ؟ كلا . لأنه وهو يتحرك من (ب) الى (ا) لم يعد في
منتصف الطريق بين (ا) و (ب) . فهو يبتعد عن (ب) ويقترب من (ا) ولذلك
فالشعاع (ب) لا بد أن تنعكس في مرآته بعد (ا) وبالتالي لا تصل
الشعاعتان متأينتين بالنسبة اليه وان وصلتتا متأينتين بالنسبة الى الشخص
الواقف . وهكذا يختلف تقدير كل منهما لـ « الآن » تبعاً للنظام الذي
ينتمي اليه .



وهكذا فالتأين أمر نسبي . فـ « الآن » ليس له معنى واحد ، بل من المعاني
بقدر ما هنالك من العوالم . فكل عالم له زمانه المحلي الخاص به هو وحده ،
بل أن أي حادثة لا تتسبب الى عالم خاص بعينه لا معنى لتعديد زمن حدوثها
مطلقاً .

فلا زمان الا الزمان المحلي . وكذلك لامكان إلا المكان المحلي . وكلاهما
 رهن بالسرعة . والسرعة هي بمثابة الكابح المزدوج : تبطيء الزمن وتقلص
 الاطوال . فكلما كان التسارع أطول ، تقلص الجسم (المكان) وبالتالي ابطأت
 فيه الحوادث (الزمان) فالتر الذي ينطلق بسرعة تعادل ٩٠ ٪ من سرعة
 الضوء يتقلص الى نصفه تقريباً ، واذا انطلق بسرعة اكبر كان تقلصه أشد .
 واذا بلغت سرعته سرعة الضوء فانه يتقلص حتى لا يبقى منه شيء . وكذلك
 الساعة تختلف باختلاف العالم الذي تنتمي اليه . فايقاعها في عالم متحرك غيره
 في عالم ساكن . فهي في الثاني أسرع منها في الاول . واذا انطلقت بسرعة
 الضوء تتوقف تماماً . ولا علاقة لكل ذلك بالمادة التي يتركب منها المتر والساعة
 فالتر المصنوع من الحديد أو الخشب أو الزجاج يتقلص بنفس النسبة . وكذلك
 الساعة العادية والساعة الرملية والساعة الشمسية وتبض الانسان وسرعة تنفسه
 — كل اولئك يختلف ايقاعه باختلاف العالم المنسوب اليه . وهذه التغيرات لا
 يحس بها سكان العالم المتحرك انفسهم ، بل سكان العوالم الاخرى عند
 مقارنتها بعالمهم هم .

وهكذا فالتقلص الذي قال به فتزجرالد ولورتر ليس له أي معنى مطلق
 في نظر آنشتين . فما هو الا النقطة التي يتقاطع فيها الزمان المحلي والمكان المحلي
 أو هو يمثل طريقة من الطرق التي يحدد بها الناس طرفي المتر وسرعته . وسنفصل
 ذلك عند الكلام عن الزمكان .



عندما اعلن انشتين هذه النتيجة كان رد الفعل قوياً ، واسيء تفسير اقواله
 اساءة كبيرة . ومن ذلك مقال ظهر في احدى صحف النمسا عنوانه : « الدقيقة
 في خطر : نبأ هام في العلم الرياضي » ويذكر كاتب المقال ان عالماً فيزيائياً اسمه

آنشتين استطاع ان يثبت بشعوءة رياضية بحتة ان الزمان يمكنه في بعض الظروف ان يتمدد وان يتقلص ، اي يمكنه ان يبطيء فارة وان يسرع فارة اخرى . ويضيف ان هذه الفكرة من شأنها ان تقلب نظام علاقتنا بالكون رأساً على عقب . لقد كان الناس قبل آنشتين يقدون ويروحوون ، وكان الخلف يعقب الخلف في زمان سرمدى لا يحول ولا يزول . فلما جاء انشتين وضع حداً لكل ذلك . فمجرى الزمن يمكن أن يتغير بشعوءة رياضية .

لقد بهت الناس لهذا النبأ ولم يفهموا منه شيئاً . ووجد فيه المرجفون فرصة سانحة للتشنيع على العلم والفهم من قفاته ، ونادوا بأفلاسه وهزيمته . وسخط آخرون على النظرية الجديدة لما فيها غير ضرب من الهراء الرياضي . وعلى كل حال فمن المثير حقاً ان تقع حادثة من هذا القبيل ، وان يكون جيلنا قد وقع الاختيار عليه ليشهد اركان الكون تنهار وتتنقض .



ويستتبع القول بالزمان المحلي نتائج يصعب على العقل قبولها . اذ إنه لما كان هذا الزمان يتناول جسم الانسان كله فيمكننا ان نستنتج ان الشخص المتحرك حركة بطيئة « يشيخ » قبل الشخص المتحرك حركة سريعة . بل ان الشخص الذي يتحرك بسرعة النور يعيش خارج الزمن ، اي لا يشيخ ابداً . وكما نوضح ذلك بطريقة محسوسة . ونصور التحول العظيم الذي طرأ على علم الفيزياء فقتبس المثل الآتي من لونغفين فقد تخيل هذا العالم رحالة فلكيا غادر الارض بسرعة تساوي $20,000/1$ من سرعة الضوء وقفز في المستقبل قفزة الى الامام ليرى ما تكون عليه الارض بعد سنتين من سنيه هو . ولما آب راجعاً الى مستقره على الارض وجد ان السنتين اللتين قضاهما عبر الفضاء ذهاباً واياباً تعدان قرنين من عمر الارض ووجد الارض آهلة بسكان جدد وعادات

جديدة ، ووجد حضارة جديدة لا عهد له بها قبل 'منطلقه' .

ان هذه النظرية تظل من رسل الخيال وسادر القريحة اذا لم تؤيدها التجربة . لقد كانت في ذهن آنشتين من قبيل التنبؤ الذي طلع به على العالم ، ولكن هذا التنبؤ يعوزه الاثبات . فكيف السبيل الى ذلك ؟

لقد اقترح آنشتين طريقة فذة لاختبار فرضه : الذبذبات الالكرونية للذرة . فالذرة تصلح لان تستخذ ساعة طبيعية لانها تبعث بامواج كهربية ذات تردد معلوم . فهي بهذه المثابة ذات ايقاع كايقاع الساعة . ويختلف ايقاع الذرات باختلاف عناصرها . ويمكن مقارنة ايقاعات نوع معين من الذرات في حال السكون بايقاعات نفس النوع من الذرات بعد تعريضها لسرعة كبيرة . فاذا كان الايقاعان متشابهين في الحالين كذبت نبوءة آنشتين . واذا كانا مختلفين كانت السرعة هي علة هذا الاختلاف وبالتالي كان للسرعة دخل في الزمن . ويمكن القيام بهذه المقارنة بواسطة جهاز قياس الطيف . فالمعلوم ان كل ايقاع ذري يتميز بلون خاص يكشفه هذا الجهاز . ولقد اجريت هذه التجربة عام ١٩٣٦ وقام بها ه . ايف من مختبرات بل تليفون بمدينة نيويورك . فجمعت نتيجتها مصداقا لنبوءة آنشتين .

ثلاث مقولات لا بد منها لوصف ظواهر الكون الفيزيائي : الزمان والمكان (او المسافة) والكتلة . وكما تهوى الزمان والمكان بمعناها المطلق وقام على انقاضها المعنى النسبي فلا بد لنا ان نتساءل عن مصير الكتلة وهل ستطرح بها الاقدار كما اطاحت بأخوها - لاسيما وان الكتلة هي معقد الصلة بينها ومناطق تحققها في الخارج ، ام في الامر استثناء ؟

لا استثناء في الطبيعة ، فالكل فيها سواسية . فكما ان الزمان
والمكان امران نسيان وهما رهن بالحركة فكذلك امر الكتلة سواء
بسواء .

ان المعنى الشائع للكتلة هو انها شيء مرادف للثقل . لكن العالم الفيزيائي
يستعمل هذه الكلمة ليعبر بها عن خاصية اخرى من خواص المادة تختلف عن
الثقل اختلافاً كبيراً واشد منها اصالة : الا وهي مقاومة التغير في الحركة .
فالقوة اللازمة لتحريك القطار الموسوق بالبضائع اكبر جداً من القوة اللازمة
لتحريك العجلة . فالقطار الموسوق يقاوم الحركة اكثر جداً مما تقاومها العجلة
لان كتلته اكبر .

لقد كانت الفزياء التقليدية تذهب الى أن كتلة جسم ما هي خاصية ثابتة فيه
لا سبيل الى تغييرها . فكثلة القطار الموسوق بالبضائع تظل هي هي لا تتغير ولا
تتبدل سواء كان القطار ساكناً ام متحركاً ، وسواء تحرك بسرعة ٧٠ كم في
الساعة او انطلق في الفضاء بسرعة ٦٠,٠٠٠ كم في ث.ث.

ومع هذا فنظرية النسبية تؤكد ان كتلة جسم متحرك ليست ثابتة سرمدية
ولكنها تزيد بزيادة السرعة . ولم يكن في وسع الفزياء القديمة اكتشاف هذه
الحقيقة لان حواس الانسان وادوات القياس العادية لا تصلح ابداً لاستنباط
الفروق الطفيفة جداً التي تطرأ على الكتلة المتسارعة بسرعة ارضيه ليست شيئاً
بالنسبة الى سرعة النور . فهذه الفروق لا يمكن الوقوف عليها بدقة الا عندما
يقحم بالجسم في سرعة قريبة من سرعة النور . (١)

(١) لا بأس من ان نشير عابرين الى ان هذا الظاهرة لا تتعارض في شيء مع ظاهرة تقلص
الاجسام في اتجاه حركتها . فقد يتساءل الانسان : كيف يصغر الجسم بزيادة وزنه في نفس
الوقت ؟ ونجيب على ذلك ان التقلص لا يكون الا في اتجاه الحركة دون الاتجاهات الاخرى .
وعن هذا ان كتلة الجسم ليست زنته او ثقله ، وانما هي مقاومته للحركة ، وهذه المقاومة تزيد
بزيادة السرعة .

ان قانون زيادة الكتلة بزيادة السرعة هذا هو من اكثر القوانين التي كشفها آينشتين قابلية للتجربة والتمحيص ومن اشدّها خصباً . فالكهارب (الالكترونات) التي تتحرك في مجال كهربائي قوي ، ودقائق بيتا المنطلقة من نوايا الاجسام المشعة تبلغ سرعتها ٩٠ ٪ من سرعة الضوء . وقد اجرى علماء الفيزياء الذرية التجارب على هذه الجسيمات فوجدوا ان كتلتها تزيد بالنسبة التي تنبأ بها آينشتين في معادلاته .



واوغل آينشتين في استنتاجاته الخاصة بنسبية الكتلة واستخراج منها كل ممكناتها ، فوصل الى نتيجة لا تقدر قيمتها . قال : لما كانت كتلة الجسم المتحرك تزيد بزيادة حركته ، ولما كانت الحركة صورة من صور الطاقة (طاقة حركية) ، فالكتلة المتزايدة للجسم المتحرك هي اذن طاقته المتزايدة . وبكلمة واحدة : الطاقة هي كتلة . وبعد البحث والتمحيص انتهى الى ان الكتلة $K = ط/ث^2$ أي ان الكتلة تساوي الطاقة مقسومة على مربع سرعة الضوء . واذا قد حددت هذه العلاقة فبوسع كل تلميذ مبتدئ في علم الجبر ان يقلبها الى المعادلة التاريخية التالية : $ط = ك ث^2$.

لقد اضطلعت هذه المعادلة باكبر نصيب في تحقيق القنبلة الذرية واخراجها الى حيز الوجود . ومعناها في لغة الفيزياء ان الطاقة المحتواة في جزء من المادة تساوي كتلة هذا الجسم مضروبة بمربع سرعة الضوء . واذا اردنا التعبير عن هذه العلاقة بلغة مفهومة نقول ان كيلو الفهم لو استحال الى طاعة خالصة لاعطى ما مقداره ٢٥ تريليون كيلوات ساعة من الكهرباء ، اي مقدار ما تعطيه مصانع الولايات المتحدة الامريكية من الكهرباء شهرين بدون توقف .

وتقدم لنا هذه المعادلة أيضاً $E = mc^2$ حلاً لكثير من اسرار الفيزياء النووية وتكشف لنا حقائق أساسية عن الوجود الفيزيائي ، فقبل نظرية النسبية كان العلماء يعتبرون الكون وعاءً فيه عنصران متميزان : المادة والطاقة ؛ العنصر الأول ساكن ويمكن مسه ، ومن اكبر خصائصه ان له كتلة ، والعنصر الآخر عنصر فعال ناشط غير مرئي ولا كتلة له . فجاء آينشتين واعلن ان الكتلة والطاقة متعادلتان . وما الكتلة الا طاقة مركزة . وبعبارة اخرى ان المادة متكونة من الطاقة ، والطاقة متكونة من المادة ، وكل منها حالة عارضة موقوتة بظروف معينة .

وتشرح لنا هذه المعادلة اخيراً كيف تشع الشمس والنجوم والحرارة والضوء مليارات من السنين .

ان مصادر الطاقة العادية التي على سطح الارض لا تكفي مطلقاً لامداد الشمس بالحرارة والنور . فلو ان الشمس كانت مثلاً تتألف من الاوكسجين والفحم الممتاز لتحول الفحم الى رماد في العين او ثلاثة آلاف من السنين على الأكثر ، مع ان عمر الشمس يعد ببضعة مليارات من السنين . وكذلك اشعاع اليورانيوم الذي يحدث في الصخور لا يكفي لتزويد الشمس بالطاقة مطلقاً . واذن فلا بد من البحث عن مصدر آخر للطاقة . ففريق من العلماء كانوا يظنون ان الشمس محتوية على مادة اشعاعية عظيمة غير معهودة على سطح الارض . وفريق اخر كانوا يظنون ان المادة تقنى في باطن الشمس بتأثير الحرارة المرتفعة التي تتأرجح فيها . ولقد كان هذا الرأي هو السائد في الاوساط العلمية الى قبيل اختراع القنبلة الايدوجنية . فهناك عمليتان لانتاج الطاقة :

الاولى تفكيك نواة ذرات العناصر الثقيلة في اعلى جدول مندليف

كاليورانيوم ، وهذا ما تحقق في القنبلة الذرية .

والعملية الثانية اقوى كثيراً جداً من الأولى . فاذا ما اندمجت اربع ذرات ايدروجين بتأثير الضغط الشديد والحرارة المرتفعة نتج عن ذلك ذرة هليوم وانطلقت طاقة كبيرة جداً . ذلك بان ذرة الهليوم ليست اربع ذرات ايدروجين بتأثير الضغط الشديد والحرارة المرتفعة نتج عن ذلك ذرة هليوم وانطلقت طاقة كبيرة جداً ، ذلك بان ذرة الهليوم ليست اربع ذرات ايدروجين بالضبط ، بل اقل من ذلك بعض الشيء . فهذا الفرق يتحول الى طاقة كبيرة يمكن استخدامها لتكون ناراً او نوراً ، وصرفها في اغراض السلم او الحرب ، في الهدم او البناء . كمثل النار ، فهي سلاح ذو حدين يمكن ان يحرق بها كما يمكن ان يشفى بها .

وكذلك الحال في الشمس . فان ٣٥٪ من كتلتها تتألف من الايدروجين . واما سائر النجوم فان رصيدها من الايدوجين يختلف باختلاف اعمارها . فبعضها قد استنفذ كل مخزونه منه وبعضها لا يزال في شرح الشباب كشمسنا . فالنجوم اذن مصانع لتركيب الهليوم من الايدوجين .



وعلى ضوء ما تقدم وضع العلماء ايديهم على كثير من احاجي الطبيعة . فالازدواج بين المادة والاشعاع ، بين الجسيمات والموجات ، قد اصبح فهمه اقل عسراً من ذي قبل . والازدواج في طبيعة الكهرب الذي يظهر على صورة مادة احياناً وعلى صورة كهرباء احياناً اخرى ، والالكترون الموجى والفوتون ، وامواج المادة وامواج الاحتمال ، وعالم جسيمى ... كل اولئك اصبح اقل غرابة . ذلك بان جميع هذه التصورات تعبر عن شيء واحد بلغات مختلفة ، عن مظاهر متعددة لحقيقة بعينها ، ولم يعد هناك من معنى لان تتساءل عما

عسى ان يكون كل واحد منها « حقيقة » . فالمادة والطاقة يستحيل احدهما إلى الآخر . فإذا تعرّت المادة عن كتلتها وسارت بسرعة الضوء نسميها إشعاعاً وعلى العكس إذا بردت الطاقة وتخرّثت وأمكننا قياس كتلتها سميناهما مادة . لقد كان كل ذلك إلى عهد قريب من قبيل التكهنات . ولكن أصبح حقيقة ملموسة منذ يوم ١٦ تموز (يوليو) سنة ١٩٤٥ عندما حول الإنسان المادة إلى طاقة . ففي ذلك اليوم وبقيطع من الليل ، استطاع الإنسان لأول مرة في الأموغوردو (المكسيك الجديدة) أن يحول كمية من المادة إلى ذلك المركب من الضوء والحرارة والصوت والحركة مما نسميه طاقة .

ومع هذا فإن السر الأكبر لا يزال قائماً . فإذا كان العلم قد رد المادة إلى عدد من العناصر ، والعناصر إلى عدد من الجسيمات ، والقوى إلى فكرة الطاقة ، والمادة والطاقة إلى فكرة أساسية واحدة ، فكل هذا لا يزال يبعدنا عن الجهول . وقد استعالت أمهات الأسئلة وانصهرت في سؤال واحد لا جواب عليه : ما ماهية هذه المادة الأساسية التي تتصور مادة أحياناً وطاقة أحياناً أخرى ؟ وما هو جوهر الحقيقة النهائية ؟

إن قوانين آنشتين الخاصة بالحركة والمبادئ العامة في نسبة المكان والزمان والكتلة والنتائج المستخرجة منها - كل أولئك يمثل ما يطلعه عليه « نظرية النسبية الخاصة » . وقد توسع آنشتين طوال السنوات العشر التي أعقبت ظهور هذه النظرية الجبارة في مذهبه العلمي والفلسفي فطلع على العالم بـ « نظرية النسبية العامة » التي درس بها تلك القوة الخفية التي تقود حركة النجوم والمذنبات

والشهب والمجرات وكل جسم متحرك في الفراغ الواسع الذي لا تفك طلائعه .
لقد أطلق نيوتن على هذه القوة اسم « الجاذبية الكونية » فأتى آنشتين بنظرية
عامة شاملة في هندسة الكون تستوعبه كله من أقصاء إلى أقصاء وتفسر ديناميكياته
وتماسك الأجزاء فيه وتضفي عليه معنى جديداً .

ترجع هذه النظرية في جذورها الأولى إلى هندسة ريمان ، وهي هندسة
المنحنيات ، ولا تقل ترابطاً وانسجاماً عن هندسة أقليدس . وقد تقدم أيضاً
أن من يقرأ كتب بوانكاريه يشعر أنه على أبواب هذه النظرية . وكذلك ترجع
هذه النظرية إلى مينكوفسكي أستاذ آنشتين .

قال مينكوفسكي بنفسه عام ١٩٠٨ : إننا نعين موقع نقطة على سطح بخطين
اثنين (س) و (ش) يُسميان إحداثيين ، إن العالم لا يتألف من نقطة ساكنة .
والحدود التي يُعين موقع الأشياء بالنسبة إليها ساكنة أيضاً . ولكن كيف
العمل إذا أردنا تعيين موقع السيارات التي تتحرك ضمنها ؟ أنه لا يكفي أن
نقول أن السيارات توجد في موقع كذا من المحطة كذا بل يجب أن نذكر أيضاً
ساعة كذا . ولتعيين موقع سفينة في عرض البحر لا نقول أنها توجد في النقطة
التي يتقاطع فيها خط عرض كذا مع خط طول كذا ، بل يجب أن نذكر أيضاً
اليوم والساعة والدقيقة . ولتعيين موقع طائرة في الجو يجب أن نضيف إلى ذلك
إحداثي العلو . وبعبارة أخرى ، إنه لتعيين موقع حادثة تجري في الكون فلا
يجوز الاكتفاء بإحداثياتها المكانية الثلاث (طول وعرض وعمق) بل لا بد من
مراعاة احداثي الزمن . وهكذا نرى أن أربعة احداثيات لا بد منها لتعيين
موقع أي جسم متحرك .

هذا وليست إضافة احداثي الزمن إلى احداثيات المكان الثلاث من قبيل

التمهل الرياضي ، وإلا لما وقفنا عند هذه الاحداثيات وحدها . إذ التمثل الرياضي يتطلب إحداثيات أخرى كالضغط الجوي وعمر القمر وغيرهما . لا ، لا . هكذا يصرخ مينكوفسكي بأعلى شذقيه ويضيف قائلاً : يجب أن نعلم أن المكان (أو الفضاء ، وسنستعملها هنا بمعنى واحد تقريباً) الخالص لا وجود له ، والزمان ، يا أسفي لا يجري ، أردنا أم لم نرد . فالعالم إنما هو نظام لا يفتر ، وحركه دائمة لا ينضب معينها ، فالحياة معناها في الوقت نفسه تغيير الموقع والشيخوخة .

إن ذلك لعمري حقيقة مرة يجب أن نطأطئ الرأس لها . حقيقة شك فيها أفلاطون واكتشفها مينوفسكي وتوسع فيها آنشتين وويل معاً . ولنا أن نختار بين القول أن الحياة نسج من الحوادث تتتابع على نول الزمن ، أو بأن هذه الحوادث جامدة في الزمكان (الزمان - المكان) وإننا نحن الذين نمر عليها . ومعنى هذا أنه يجب أن نلغس من أذهاننا فكرة الزمان والمكان كعنصرين منفصلين ، وألا نعارف إلا بمشيح من العنصرين متداخلين معاً تداخلاً لا انقسام فيه وهو = المتصل الزمكاني الذي ينساب عليه وجودنا . قال مينكوفسكي : « فنحن هذه اللحظة يجب أن يتوارى في الظل الزمان والمكان كاقنومين متميزين ولا يبقى في أعقابها غير نحو من المشيح المركب منها معاً له وحده أن يتصف بالحقيقة » .

فهذا الزمكان ، هذا الكون المربع الأبعاد ، تلقاه آنشتين من أستاذه القديم ليخرج لنا منه نظريته في النسبية العامة .

ومن الطريف أن نذكر في هذه المناسبة أن مينكوفسكي ليس أول من قال بأن الزمان بعد رابع للأشياء . فهناك مفكرون قبله قد حدسوا في هذا المعنى

على تفاوت في وضوح حدسهم . فهذا ديدرو يقول عام ١٧٧٧ مثلاً في « الموسوعة » تحت كلمة « بعد » : « ... لقد قلت آنفاً أنه لا سبيل إلى تصور أكثر من ثلاثة أبعاد . ومع هذا فإن مفكراً مثلي يعتقد أن من الممكن اعتبار المدة بعداً رابعاً وأن حاصل الزمان بالصلابة ينتج عنه على نحو ما شيء ذو أربعة أبعاد . إن هذه الفكرة يمكن الممارسة فيها ، إلا أن لها على ما يبدو لي بعض الفائدة ، حتى ولو لم يكن ذلك غير جدتها . »



إن تمثل هذا الكون ذي الأربعة أبعاد لا يتطلب جهداً عقلياً فوق الطاقة البشرية . وفي هذا يقول آنتشتين : « إن الرجل غير الرياضي يشعر بقشعريرة غريبة عندما يسمع بأشياء ذات أربعة أبعاد . هنالك يغمره شعور لا يختلف كثيراً عن شعوره تجاه الأمور الغيبية . ومع هذا فليس ثمة حقيقة أبسط من القول بأننا نعيش في متصل زمكاني ذي أربعة أبعاد . »

نعم اتنا لا ندرى أين نُؤوي البعد الجديد ونحن نرسمه على الورقة إذا كان غير الطول والعرض والعمق . فنحن نستطيع تعيين أقطاب الاحداثيات الثلاثة فنقول أنها في « س ش ص » ، وأما القطب الإضافي للاحداثي « ز » فنقول أنه في ... في . . . ثم نحمد لا نحير جواباً . ومن هنا يبدو لنا أن من الصعب تصوّره . فالجوهري في الأمر ليس في أن نعلم أين نرسمه ، وإنما في أن نعلم جيداً أن نقطة ما ، أن حادثة ما من حوادث العالم تكون مضبوطة كل الضبط عندما نعرف احداثياتها الأربعة (س ش ص ز) .



أجل ان المتصل الزمكاني ليس محض بناء رياضي . فالعالم بأسره هو متصل

زمنكاني ، وكل حقيقة توجد في الزمان وفي المكان معاً ، ولا يمكن فصل احدهما عن الآخر . إن جميع المقاييس الزمانية ، هي في الحقيقة مقاييس مكانية ، وكل مقياس مكاني يتوقف على المقاييس الزمانية ، فالثواني والدقائق والساعات والأيام والأسابيع والشهور والفصول والسنون إنما هي مقاييس لموقع الأرض في الفضاء بالنسبة الى الشمس والقمر والنجوم . وكذلك خطوط الطول والعرض التي يعين الانسان بها مكانه على سطح الارض تقاس بالدقائق والثواني ، ولا بد اتحديدها بالضبط من معرفة اليوم والساعة من السنة . او ليس وقت الزوال زاوية شمسية ؟

ويتضح هذا المعنى وضوحاً كافياً اذا قلنا مع لينكولين برنت انه لا مندوحة لملء الفلك من اعتبار الكون متصلاً زمكانياً . فعندما يسدد أحد الفلكيين مرقبه في اعماق الفضاء فهو لا ينطلق في المكان فحسب ، بل هو يرجع في الزمان ايضاً . فحساسة اجهزته الفوتوغرافية يمكنها ان تكشف له عن بصيص الضوء المنبعث عن عوالم تبعد عنا ٥٠٠ مليون سنة ضوئية . ان هذه الحيوط القديمة المتهالكة من الضوء التي يستقبلها جهازه قد بدأت رحلتها قبل ظهور الفقريات على سطح الارض . واكثر من ذلك يظهر له مطيافه ان هذه العوالم تتباعد عن مجرتنا بسرعة خيالية تبلغ ١٧٠ كم في الثانية ، وبعبارة ادق كانت تتباعد عنا منذ ٥٠٠ مليون سنة . ليت شعري ! اين هذه العوالم الآن ؟ هل لا تزال موجودة الآن ؟ لا احد يمكنه ان يجيب على ذلك .

لئن كان تصور المتصل الزمكاني امراً في غاية المشقة فذلك لا ينهض دليلاً على بطلانه . فالموجات الهرتزية ظلت زمناً طويلاً يصعب تصورهما ، وحتى

اليوم لا يمكن الاحساس بها احساساً مباشراً . فهل قلل ذلك من وجودها ؟ ان الثلاثي الابعاد نفسه يصعب تحيله . فلولا تنقل عضلاتنا لما ادر كناء . ان الشخص المشلول الاعور ، اي الذي فقد الاحساس بالبروز ، وهو احساس 'تمكّن منه الرؤية' بالعينين معاً - وهذه الرؤية هي في الحقيقة امرها تحسّس عضلي - يرى بعينه الواحدة الساكنة الاشياء على واحد كأنها مرسومة رسماً . فالمكان الثلاثي الابعاد لا سبيل له الى تصويره .

ومع هذا فيمكن للبعض تمثّل الزمكان الرباعي الابعاد كما يقول نوردمان فالاشكال التي تتعاقب على الزهرة في مختلف مراحل نموها ، منذ كانت برعاً ضعيف القوام اخضر اللون حتى تتساقط اوراقها وتذبل ، وكذلك سائر الاطوار التي مرت بها - كل اولئك يقدم لنا صورة مجملّة عن الزهرة في الزمكان .

ويمكن لكبار لاعبي الشطرنج ان يستوعبوا كل ذلك بنظرة واحدة . فلاعب الشطرنج انما يلعب جيداً لانه يستوعب ببصيرته بالمجموع الزماني والمكاني للنتائج المترتبة عن كل زحزحة يزحزح بها حجراً من احجاره . فهو يرى السلسلة الكلية بنظرة واحدة ويتمين نجاحه بمجودة رؤيته .

ان لغة الكلام لا تصح ابدأ لان تجول في هذه الامور . فالموضوع الذي نخوض فيه فوق متناولها ، ولا يمكن للكلمات المشحونة بالصور الحسية ان تعبر عما يعنو على الحس ويسمو الى التجريد . وهل بمستطاع اللغة ان تترجم لنا احدي سمفونيات بيتهوفن .

وهذا لا ينحل الزمكان الى زمان ومكان مطلقيين : فظواهر الاشياء

تختلف باختلاف العالم الذي ينظر منه اليها ، كما ان اي مشهد من مشاهد الطبيعة يختلف باختلاف الموقع الذي يطل عليه . ان السرعة تتحكم في الزاوية وكلما قلت اتسعت . فالزمان والمكان . فكلما زادت السرعة ضاقت الزاوية وكلما قلت اتسعت . فالزمان والمكان اذن اشبه بالمنظورات التي يختلف شكلها باختلاف الموضع الذي ترى منه . فكل شخص ، وفي كل لحظة من زمانه الخاص به ، يقتطع لنفسه ، على نحو ما ، قطعة من الكون ويقسمها الى زمان ومكان ، ثم يقيس زمانه هو ومكانه هو . وهذا الاقتطاع لا يجري على غط واحد بالنسبة الى شخصين ينتميان الى عالين يختلف سرعة احدهما عن الآخر . وللاتقال من مقاييس احد العالمين الى العالم الآخر لا بد من استخدام المعادلات المعروفة باسم « تحويلة لورنتز » التي معنا الى طرف منها .

ان الطبيعة تجهل كل شيء عن زمان ومكان نظن انهما من خصائصها وانها ينتسبان اليها بمعنى مطلق . فها من خصائصنا نحن وينتسبان اليها ، وليس لها اي معنى خارج عما نحس او نقيس ، لان كلا منا يشق طريقه في متصل رباعي الابعاد ويصطنع كونه وينعت زمانه ومكانه على نحوه الخاص به . ومن اخص خصائص هذه العملية المصطنعة ان سؤال ميكلسون ومورلي لا جواب عليه ، لانه سؤال لا معنى له بالنسبة الى الطبيعة . وما البلبلة التي نشأت عن هذه التجربة الا من سقم افكارنا المتعلقة بالزمان والمكان . فاذرع جهاز ميكلسون ومورلي قد تغير طولها بتغير اتجاهها . ويمثل التقلص النسبي الحاصل الاختلاف في معالجة اطوال الاشياء . فحيث لا تأين وبالتالي حيث تختلف الازمنة المحلية ، يختلف تقدير الاطوال .



ان الزمان والمكان بدلا من ان يكشفنا لنا الحقيقة — اذا نمت حقيقة —

يسد لان عليها في نظر آنشتين الحجب والستائر التي نسجت بإيدينا . وانه لشيء غريب حقاً الا تستطيع تصور الكون عارياً عن الزمان والمكان ، كما لا تستطيع رؤية بعض الجراسيم بالمجهر من غير ان نصبها . فالاشياء في ذاتها لا شكل لها ولا طعم ، ولا لون ولا حجم ، ولا طول ولا عرض ، ولا نظام يسود فيها ولا اختلال يتهدها . فما هذه إلا ممان يضيفها الانسان على زمكان مجهول لا يدري من امره شيئاً ليؤصل حقيقته ويؤكد وجوده ويفرض ذاته على ما هو من صنع يده واختراع وهمه ليحيله ادوات له .

واذا اردنا ان تصور ذلك تصوراً حسيّاً قريباً الى الافهام فاننا نشبه الزمان والمكان بمرآتين احدهما محدبة والاخرى مقعرة ، ويشد الخناء كل منهما كلما زادت السرعة . ان كلا من هاتين المرآتين تعكس على خدتها صور الاشياء عكساً مشوهاً خاصاً بها . ولكن اذا أحكم أدغام المرآتين احدهما في الاخرى بحيث تعكس الاولى الاشعاعات التي تستقبلها الثانية ، خرج من ذلك صورة حقيقية لا تشويه فيها . فالامكنة الجزئية والازمنة المحلية هي في مثلنا هذا بمثابة صور الاشياء المشوهة . واما الزمكان فهو الصورة الحقيقية التي لا تشويه فيها .



من المعلوم ان عمدة ميكانيكا نيوتن هو مبدأ القصور الذاتي ومؤداه ان اي جسم يظل ساكناً او يتابع حركة مطردة مستقيمة ما لم تؤثر فيه قوى خارجية تحيد به عن هذه الحال . فالقصور هو الذي يخلق فينا ذلك الاحساس الغريب الذي نستشعره حينما نقف السيارة فجأة او تغير اتجاهها فجأة . فجسمنا يميل بطبيعته الى الاحتفاظ بحركته المطردة المستقيمة . لكن اذا طرأ عليه ما من شأنه ان يعكر عليه صفو هذه الحركة فسرعان ما يهب لمقاومته ، فنحن بذلك الشعور الغريب .

ولقد اثبت هذا المبدأ غاليليو (١٥٦٤ - ١٦٤٢) اولا عندما دفع بكرات على سطوح يتفاوت انحنائها . فمثلا اذا دفعنا بكرة على سطح افقي مصقول صقلا تاما فانها تنزلق عليه في اتجاه واحد ، واكاد اقول بسرعة واحدة ، لولا ان مقاومة الهواء لها واحتكاكها بالسطح يتدخلان في انزلاقها فيضطربانها الى الوقوف في نهاية الامر . ولو استطعنا ان نمنع هاتين المقاومين ، اذن لما تزعزعت الكرة عن سيرها ولظلت منطلقة الى الابد في اتجاه واحد وبسرعة واحدة . وجاءت تجارب اخرى مؤيدة لهذا المبدأ ، ولكنه على كل حال لم يثبت ثبوتاً قطعياً ، لان من المستحيل عملياً عزل الجسم عن كل تأثير خارجي .

ثم جاء منون فلم يكتف بتحقيق هذا المبدأ على اسس ارضية بل اراد تحقيقه في عالم النجوم ؛ فقال : اننا اذا صرفنا النظر عن التأثير الجاذبي لسائر الاجرام السماوية وعلى قدر ما في وسعنا ان نحكم على هذا الامر ، فانه يبدو لنا ان السيارات تحتفظ باتجاهها وسرعتها بالنسبة الى قبة السماء . لكن انبشتين يعارض على الجملة التي تحتها خط ويرى انها مصادرة على المطلوب اي هو يسلم بما يراد اثباته . فهو يفترض ان السيارات لا تجري حرة طليقة من كل قيد ، وانها مقهورة في حركتها بقوة يسميها نيوتن الجاذبية الكونية . فعلى رغم كون مبدأ القصور الذاتي مبدأ تقريباً فان نيوتن يعتبره مبدأ قطعياً . ولذلك فانه عندما لاحظ ان السيارات لا تسير في خط مستقيم بل تدور دورانا ، استنتج (وهذه هي مصا دراته على المطلوب) انها تخضع لقوة مركزية هي الجاذبية افترضها فرضا وابتسرها ابتساراً كما افترض من قبل الزمان المطلق وابتسر المكان المطلق . ولكن لا بأس ، فلكل جواد كبوة ، ولكل عظيم هفوة !

وفي الطبيعة ظاهرة فريدة في نوعها اكتشفها غاليليو : اذا القينا اجساماً مختلفة من محل مرتفع فإنها تسقط على الأرض بسرعة واحدة مهما تكن طبيعتها، على أن يجري ذلك في وعاء أفرغ من الهواء . فالحديد والقطن يصلان إلى الأرض في وقت واحد معاً ، وما وصولهما متأخرين في الأحوال العادية إلا من جراء مقاومة الهواء لهما . وتبدو هذه الظاهرة خروجاً على قانون القصور الذاتي . فإذا كان هذا القانون صحيحاً فما بال جميع الأجسام تنتقل عمودياً « أي تسقط » بسرعة واحدة ، بغض النظر عن أحجامها وكتلتها ، بينما الأجسام التي تدفع أفقياً تنتقل بسرعات تختلف باختلاف كتلتها ، كأن عامل القصور لا يؤثر إلا في الاتجاه الأفقي ؟

هنالك انبرى نيوتن لحل هذا اللغز فقرر في قانونه المشهور أن القوة الخفية التي يجذب بها جسم حسناً آخر تكبر بنسبة حاصل كتليهما ونسبة مربع المسافة بينهما . فإذا كان الجسم كبيراً أو المسافة قصيرة اشتد التجاذب . أما إذا كان صغيراً والمسافة طويلة كان قصوره أو ميله لمقاومة الحركة صغيراً وكانت سيطرة الجذب عليه ضئيلة أيضاً . وبعبارة أخرى ، بين الجاذبية والقصور الذاتي أمر مشترك هو انها يشملان كل شيء . فجميع الأجسام مهما تكن طبيعتها الفزيائية والكيمائية هي في نفس الوقت « قاصرة » « عاجزة عن تحريك ذاتها ببعض ذاتها وعن تغيير سرعتها ، أي تقاوم كل قوة من شأنها زحزحتها عن حالها ، و « وازنة » « أي تسقط على الأرض عندما لا يعوقها عائق » فالرقم الذي يحدد القصور الذاتي لجسم ما هو نفسه الذي يحدد وزنه وثقله . وهذا الرقم هو الكتلة . فالكتلة القاصرة والكتلة الوازنة « الثقبلة » للأجسام يعبر عنها برقم واحد بالضبط .

فهناك إذن صلة بين الجاذبية والقصور الذاتي . ويبدو أن درجتها تكون دائماً على حسب ما هو ضروري للتغلب على قصور الجسم مهما تكن طبيعته .

ولذلك فجميع الأجسام تسقط على الأرض بسرعة واحدة بغض النظر عن طبيعتها .

فهذا التوافق الشديد بين التجاذب والقصور الذاتي تقبله نيوتن كما هو من غير أن يفهمه أو أن يحاول تفسيره ، وظل أمره مجهولاً حتى أوائل هذا القرن . فلما جاء آنشتين وجد في الأمر سرّاً . فهو أكثر من أن يكون محض صدفة أو اتفاق عارض . لقد استنتج من هذا التلازم استنتاجاً قفز بنظريته إلى مرتبة النظريات الخالدة وجعله في طبيعة المظالم الذين يشع بهم التاريخ . قال إن الصفة الواحدة تتجلى تبعاً للظروف والأحوال تارة على هيئة جاذبية . فالجاذبية هي انتفاضة القصور الذاتي . وبعبارة أخرى أن قوانين الجاذبية إنما تعبر عن قصور المادة . . . وسيوضح ذلك فيما بعد .

لقد نبذ آنشتين فكرة الجاذبية من حيث هي قوة تنتقل لحظياً عبر المسافات الهائلة . إن القول بأن الأرض يمكنها أن تنتفض في المكان « الفضاء » وأن تجذب إليها جسماً ما بقوة تعادل مقاومة قصور هذا الجسم - أقول أن هذا القول بدا لعلامتنا الأكبر أمراً لا يمكن قبوله . وهكذا طلع علينا من هذا الاعتراض بنظرية جديدة في الجاذبية أثبتت التجربة أنها تقدم لنا صورة عن الطبيعة أدق كثيراً من نظرية نيوتن .



وقبل أن نوغل في هذا المعنى لنا ملاحظة عابرة على قانون نيوتن كما رأينا أن الأجسام تتجاذب تجاذباً مباشراً بنسبة حاصل كتلي الجسمين وتجاذباً غير مباشر بنسبة ريع المسافة بينهما .

لقد لقي هذا القانون نجاحاً هائلاً وظل يتمتع بمنزلة عظيمة طوال قرنين من

الزمن تقريباً . وهو لا غبار عليه إذا نظر إليه في نطاق السرعات العادية . ولكن يجب أن نتحفظ في أمره عند تطبيقه على السرعات الكبيرة التي تقرب من سرعة الضوء . فلقد رأينا أن الكتلة ليست شيئاً ثابتاً ، بل هي تتغير بتغير السرعة . هذا من جهة . ومن جهة أخرى عندما ندخل الأرض في حسابنا فأي أرض نعني ؟ هل نعني كتلة الأرض الصغيرة فيما لو كانت لا تدور حول الشمس أم كتلتها الكبيرة التي تتأني من دوراتها حولها ؟ ثم إن هذا الدوران ليس له سرعة واحدة دائماً ، لأنها تجري في خط اهليلجي « بيضوي » وليس في خط دائري بالضبط . فأي كتلة ندخل في الحساب ؟ هل ندخل كتلتها عندما تكون في الحضيض أي في أقرب نقطة إلى الشمس ، وبالتالي عندما تزيد سرعتها أم عندما تكون في القمة ، أي في أبعد نقطة عنها ، وبالتالي عندما تبطؤ سرعتها ؟ وفوق ذلك أي مسافة ندخل في اعتبارنا بين الشمس والأرض ؟ هل المسافة التي تترامى لشخص على سطح الأرض تجر معها ويشارك في حركتها أم التي تترامى لشخص في وسط المجرة لا يشارك في حركة الأرض ، فهنا أيضاً يختلف تقدير المسافة تبعاً لسرعة العالم الذي ينتسب إليه هذا الشخص ؟

أنا لا أنكر أن هذه الفروق طفيفة ، ولكن ذلك لا يبرر إغفالها فقانون نيوتن قانون غامض مطاط ولا بد من تعديله وإعادة النظر فيه على ضوء ما جد من أبحاث .



يتصور آنشتين كمعادته حالة خيالية قد يكون سبقه إلى بعض تفاصيلها أحد الحالمين في أوقات الأرق والسهاد : مصمد في إحدى ناطحات السحاب الهائلة انقطع حبله فأخذ يهوي هويًا إلى الأرض . وكان فيه طائفة من العلماء يجرون

بعض التجارب ولا يرون شيئاً من أمر هذا السقوط الذي سيؤدي بحياتهم . فتناول أحدهم بعض الأشياء من جيبه صدفة « منديل ، قلم ، قطعة من النقود ، ساعة الخ ... » وكان عارضاً وقع له فأرختها يده . ولشد ما كانت دهشة الجميع أن هذه الأجسام ظلت معلقة في الهواء . فإذا كان ثم مراقب خارجي فإنه لا يرى في الأمر من جديد : فالمصعد بما ومن فيه يهوى إلى الأرض بسرعة واحدة كما في تجربة غاليليو . وأما العلماء فلما كلّفوا يحلّون حراجة حالهم فقد يفسرون هذه الظاهرة المعجبة بأن عفرتين من الجن قد نقلهم خارج مجال الجاذبية وبأنهم مستقرون الآن في الفضاء الخالي . ولهم كل العذر في هذا الظن . فأقدامهم أصبحت لا تضغط على الأرض ، حتى لقد انطبق عليهم قول لافونتين في أميرته الحسنة الفاتنة :

(الله ما الطف) أقدامها تخطو على المشب فلا يشمر^(١)

وجيوشهم الملائى بالأجهزة والمعدات العلمية انعدم ثقلها . والميزان الذي يحملونه معهم لم تمد كفتاه ترجح إحداها على الأخرى ولو وضعوا فيها أثقالاً مختلفة . وإذا قفز أحدهم إلى أعلى فإنه يطفو قريباً من السقف ، وإذا دفع بقطعة من النقود في اتجاه ما فاتها تسير في هذا الاتجاه أي في خط مستقيم بسرعة واحدة « مطردة » حتى تصطدم بجدار المصعد . لقد انعدمت الجاذبية في عالم هؤلاء بتأثير تسارع مصعدهم وأصبح كل شيء فيه يسير حسب ناموس غاليليو . ولذلك فيُسمّى هذا العالم نظاماً غاليلياً : فأي شيء يُدفع فيه في اتجاه ما يظل يسير في خط مستقيم إلى أن يصطدم بالجدار .

لنفرض أن مارداً نقل المصعد حقاً إلى الفضاء الخالي بعيداً عن جاذبية

... E l'herbe n'aurait pas Renti
Les Traces de ses pieds

(١)

الأرض وغيرها ثم ربط سقفه بجبل وأخذ يحمله إلى أعلى . فارتفع المصعد متسارعاً تسارعاً ثابتاً ، أي بسرعة تدريجياً . ولا يزال العلماء الذين فيه على جهل بحقيقة امرهم ويمكرون تجاربهم كالعادة كأن شيئاً لم يكن . هنالك يشمرون أنهم يضغطون على الأرض بقدم ثابتة ، وإذا قفزوا فلا يطفون قرب السقف ، وإذا القوا بأشياءهم فإنها تقع على الأرض . وكذلك إذا دفعوا بشيء أفقياً فلا يسير مطرداً بخط مستقيم بل بخط منحرف . ففي هذه الحال يرجع إليهم صوابهم ويوقنون أنهم يعيشون في الحياة المادية على سطح الأرض حيث تسيطر الجاذبية . فاما المراقب الخارجي فلا يخفى عليه امرهم ويعلم أنهم يتصاعدون : واما هم فليس لديهم وسيلة للبت فيما إذا كانوا في المجال الجاذبي أو أنهم يصاعدون متسارعين تسارعاً ثابتاً في اجواز من الفضاء لا جاذبية فيها .

ان هذه السكينة بعينها تساورهم اذا رُبطت حجرتهم بحافة عجلة هائلة تدور في الفضاء الخالي . فالتصاعد في التجربة السابقة يقابله هنا فعل القوة الطاردة عن المركز . فيحسون ان شيئاً يشدم الى الأرض . فاذا كان هنالك مراقب خارجي فلا يخفى عليه ان هذه القوة هي القصور الذاتي . ولكن العلماء الذين هم داخل الحجرة لما كانوا يحلون حقيقة امرهم فانهم يعزون هذه القوة الى الجاذبية ؛ لانه اذا كانت حجرتهم فلرغبة لا معالم فيها فلا شيء يُمكنهم من معرفة ما هو السقف وما هي الأرض ، اللهم الا القوة التي تشدم الى جهة دون اخرى . فما يسميه المراقب الاجنبي البعيد جداراً خارجياً للحجرة الدوارة يسميه اصحاب هذه الحجرة ارضاً لها . ليس في الفضاء الخالي جهة « فوق » و « تحت » ، فما نسميه نحن على سطح الأرض « تحت » انما هو اتجاه الجاذبية . فالاستراليون والافريقيون والارجنتينيون يبدون لرجل على سطح الشمس معلقين من ارجلهم في نصف الكرة الجنوبي . وهكذا فالطائرة التي يخيل لنا انها تحلق « فوق » القطب الجنوبي انما تحلق في الحقيقة « تحته » عاليها سافلها .

وكذلك العلماء الذين هم داخل الحجرة المربوطة بالعجلة سيجدون ان جميع تجاربهم متفقة اتفاقاً تاماً مع نتيجة التجارب التي اجروها عندما كانت حجرتهم تصاعد في الفضاء الخالي . فأقدامهم ثابتة . واشياؤهم تسقط على الارض كالعادة ، فيعززون هذه الظاهرة الى قوة الجاذبية ، ويعتقدون انهم ساكنون في مجال جاذبي .



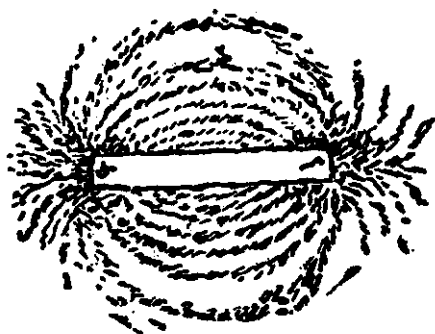
يخلص معنا مما سبق ان التجاذب صنو للقصور الذاتي . فكل تغيير في الحركة (او الاتجاه) المطردة (نظام غاليلي) يصحبه انتفاضة القصور الذاتي الذي يهب لمقاومة التغيير . وهذه الانتفاضة تشد الجسم في عكس اتجاه الحركة فينشأ عن ذلك شعور ظاهر بالجاذبية . وما يحدث لنا عند فرملة السيارة فجأة هو من هذا القبيل .

واذن ففي كل نظام غير غاليلي (كالحجرة الدوارة والمصعد المتسارع الى اعلى الذي يرتفع بسرعة آخذة بالازدياد ينتج عنها تغير في الحركة) يسود مجال جاذبي . ومن شأن هذا المجال ان يؤثر في الظواهر الطبيعية حوله .

ان الجاذبية لدى آنشتين تختلف اذن اختلافاً تاماً عنها لدى نيوتن . فهي ليست « قوة » . فالقول بان الاجسام المادية يمكنها ان « تتجاذب » انما هو خداع منشؤه النظر الى قوى الطبيعة نظرة ميكانيكية . لقد مضى العهد الذي كان العلماء فيه يعتقدون ان الكون آلة كبرى . فكما تقدم العلم ثبت للعيسان ان الكون ليس فيه ما يشبه الآلة . وهكذا فناموس الجاذبية لدى آنشتين لا ينبس بكلمة « قوة » . انه يصف سلوك الاشياء في المجال الجاذبي - السيارات مثلاً - ليس باستعمال هذه الكلمة ، بل بوصف المسارات التي تتبعها . فالجاذبية

في عرف آنشتين هي صنو القصور الذاتي . فحركات النجوم والسيارات تتولد من قصورها الذاتي ، والطريق الذي تسلكه تحدده خصائص المكان ، وبعبارة أدق خصائص الزمكان .

قد يبدو ذلك غريباً . ولكن يتضح عندما ننبد الفكرة القائلة بأن الاجسام المادية يؤثر بعضها في بعض بقوة مجهولة من مسافات شاسعة في الفضاء الخيالي تبعد ملايين الكيلو مترات . فنظرية « التأثير عن بعد » قد أربكت العلماء



الشكل الثاني

كثيراً منذ نيوتن هفتقبلوا على مضض وقد نشأ عنها صعوبات جمة . فالعلماء لا يقولون اليوم ان قطعة من المغناطيس تجذب قطعة من الحديد بقوة سحرية ، تنقل لحظياً وتؤثر فيها عن بعد ، بل يقولون ان قطعة المغناطيس ينتشر حولها حالات فيزيائية خاصة يطلقون عليها اسم « المجال المغناطيسي » ويؤثر هذا المجال بدوره في قطعة الحديد ويحملها تسلك سلوكاً خاصاً يمكن رؤية آثاره

بذر" هباء الحديد على ورقة توضع فوق المغناطيس . كما ترى في الشكل في الصفحة السابقة .

ان المجال المغناطيسي حقيقة فيزائية ثابتة . وكذلك المجال الكهربائي فكلاهما له تركيب خاص حددته معادلات مكسول . والمجال الجاذبي هو ايضا حقيقة فيزائية ثابتة كالمجال الكهربائي ساء بسواء ، وله تركيب خاص حددته معادلات آنشتين .

فكما ان مكسول وفراداي يؤكدان ان قطعة المغناطيس تخلق حولها خصائص مكانية تحيط بها ، كذلك آنشتين يقرر ان النجوم والسيارات وسائر الاجرام السماوية يحدث كل واحد منها تغييراً في الزمكان الذي يحيط بها . وكما ان قطعة الحديد في المجال المغناطيسي يقودها تركيب هذا المجال ، فكذلك الطريق الذي يسلكه جسم ما في مجال جاذبي ترسمه هندسة المجال الجاذبي . وبعبارة اخرى ان جاذبية نيوتن قد هبطت من عليائها كقوة واستعالت الى خاصة هندسية من خصائص الزمكان . فوجود مادة في الفضاء ذات كتلة معينة من شأنه ان ينشر في هذا الفضاء انحناء معيناً يمكن حسابه . وبتميز آخر ان خصائص الزمكان متوقعة على كمية المادة التي يحويها ، على توزيعها فيه . فتبعا لكمية المادة في نقطة ما يكون الانحناء الزمكان في هذه النقطة قليلا او كثيراً . ويعبر عن هذا بالقول بانه يقوم في جوار النقطة تعجائب متفاوتة قوة وضعفا يؤثر فيها حوله من الاشياء . فالنجم كالشمس اذ ينشر في الفضاء هذا الانحناء يحمل الجسم الذي يقوم في جواره بدور حوله بقوة قصوره الذاتي .

ان الكون في حقيقة امره ليس له كنه خاص وقوام ثابت ، تؤخذ منه قطعة من المادة وتوضع في اطار من الزمان والمكان . كلا . انه زمكان لا شكل له ولا قوام . ككشَل قطعة المعجين يمكن تحويرها وتغييرها . فكما ان السمكة

التي تشق طريقها في البحر تثير الماء حولها ، فكذلك النجم أو المذنب أو المهرة أو السديم — كل أولئك يثير الزمكان حوله ويُعمل فيه تغييراً وتحويراً .

وإذن فوجود النجم يغير البناء الهندسي للكون . وعلى هذا فدقيقة من المادة لا تجذب أخرى مفصولة عنها ، لأنه لا يمكن التأثير عن بعد . وإنما تتأثر هذه الدقيقة بشيء أو بصفة خاصة في الفضاء أو المتصل الزمكاني الذي يحاورها ، فتسير في أهون سبيل يقتضيه طبيعة التجذب أو الانحناء أو التقوس فيه . فكرة « الكريكت » إذا ما تدرجحت في أرض مقوسة مثلاً فإنها تتعرف عن اتجاه حركتها المستقيمة وتنزلق بطبيعة تقوس الأرض إلى أوطأ نقطة فيها ، وبكلمة واحدة « تنجذب » إليها . ومن هنا يمكن الاستغناء عن جاذبية نيوتن ، فلا نقول بعد اليوم أن أثر كتلة المادة الجاذبة هو أن تصدر عنها قوة « تتناسب مع عكس مربع المسافة فرضها نيوتن » وإنما نقول وجود المادة هو سبب انحناء ما حولها وإن أثر هذه المادة هو أن تحدث التواءً فيما حولها فينزلق ما يحاورها انزلاقاً حولها .

إني على تمام الوفاق مع القارىء في أننا جميعاً عاجزون عن تصور انحناء الزمكان ولا بد لنا من حاسة سادسة لإدراك كنهه . ولكن الأشياء ليست طوع تصورتنا . فليكن الزمكان ما طاب له أن يكون ، فليس هو رهنًا بمقدرتنا على استساغته . ولنعلم أن انحناءه متوقف على مسافة السيار من النجم . فالانحناء بالنسبة إلى سيار قريب من الشمس — كمطارد — أكبر منه بالنسبة إلى سيار بعيد كأورانوس . بل أن الانحناء ينعدم انعداماً تاماً إذا كان البعد عن النجم كبيراً جداً ، أي إذا كان لا نهائياً . فالفضاء هنالك فضاء أوقليدي ، أي أن هذا الفضاء هو وحده الذي تنطبق عليه هندسة أوقليدس .

فخير لنا إذن نسلم بانحناء الزمكان على صعوبته . ومع هذا فمن يلح على أن

تكون له صورة محسوسة عنه - بعيدة عن الحقيقة من غير شك ، ولكنها قد تعطيه فكرة قريبة إلى الأذهان - فإننا نقدم له التمثيل التقليدي لقطعة القماش المشدودة أفقياً وتمثل مكاناً ذا بُعدين . فإذا ألقينا فيها كرة من الخشب فإنها تسير عليها في خط مستقيم . لنضع في وسطها كرة من الرصاص . هنالك يتجوف الوسط ثم تقع كرة الخشب في القجوف وتدور حوله دورة صغيرة بدلاً من أن تتابع سيرها في خط مستقيم . هنا يمكننا القول بأن كتلة كرة الرصاص قد أحدثت تغييراً في المكان - السطح ذي البعدين - وطبعت فيه انحناءً ما . وهذا الانحناء هو المسؤول عن حركة الكرة الخشبية وجعلها تدور حول كرة الرصاص على نحو معين .

إن انحناء الزمكان شيء قريب من هذا . فالنجم - وليكن الشمس مثلاً - يحفر « في الزمكان الرباعي الأبعاد غوراً يتوقف عمقه - أو انحناءه - على كتلة النجم . فالسيارات المشدودة إلى هذا الغور تدور في فلكه بدلاً من أن تفلت في خط مستقيم وتنزلت بحكم تحدبه إلى أوطأ نقطة فيه ، لأن ذلك أهون عليهما من سلوك أي طريق آخر .



ويتفق أحياناً أن الجسم المتحرك يقتحم من الخارج فلك النجم بسرعة تبلغ من العظم بحيث يشق طريقه فيخرج من فلك الغور سليماً ، ولكنه على كل حال لا بد من أن ينحرف قليلاً وهو يمر به . هذا هو حال الفوتونات التي يتألف منها ضوء النجوم والتي تمس الشمس ممساً خفيفاً وهي تمر بها في طريقها إلينا . وهذه ظاهرة تنبأ بها آينشتين دون أن تحظر ببال أحد .

فالمعلوم أن الفوتون قذيفة في منتهى السرعة (٣٠٠,٠٠٠ كم ف.ث.) فمعها

اقتراب من الشمس فان سرعته الحاطفة تكفي لأن يخرق فلكها ويمرق فيه مروق السهم فيفلت من الفور . وهكذا يجيد عن مساره المستقيم ويتابع سيره محدثاً زاوية صغيرة جداً لها قدر معين يمكن حسابه . ولقد تنبأ آنشتين بمقدار هذه الزاوية فصدق الرصد نبوءته ، وأحدث ذلك دويماً جعل العالم أجمع يلتف حول صاحبها . وهذه الظاهرة وتسمى « ناتج آنشتين » يمكن التحقق منها كلما أمكن رصد الشمس والنجوم معا وتصويرها فوتوغرافياً ، أي في حال كسوف



الشكل الثالث

الشمس كسوفاً كلياً ، ثم تصوّر هذه المنطقة بعد عدة أشهر وتقرآن الصورتان . وكانت نتيجة هذا الرصد أن ظهرت النجوم أثناء الكسوف منحرفة قليلاً عن مواقعها الأصلية بنفس المقدار الذي تنبأ به آنشتين كما ترى في الشكل ، وهذا الانحراف ناشئ عن انحراف الضوء الذي تبعث به النجوم إلينا بعد مروره قرب قرص الشمس . ولقد أجريت التجربة لأول مرة أثناء الكسوف الكلي للشمس في ٢٩ مايس (مايو) سنة ١٩١٩ ثم أعيدت مثنى وثلاث ورباع في أزمنة وأمكنة مختلفة وكانت النتيجة واحدة تقريباً .

إن « ناتج آنشتين » ذو أهمية كبيرة لأنه يثبت لنا تجريبياً أن الضوء يتصرف تصرف الأجسام المادية سواء بسواء ، وأن له كتلة ، وبالتالي أن الطاقة لها كتلة .

وهناك ظاهرة أخرى فسرتها معادلات آنشتين في الجاذبية بعد أن ظل أمرها سرّاً مستغلقاً على من قبله . فناموس نيوتن يعزو إلى السيارات طبقاً - لقانون كبلر الأول - مسارات أهليجية (بيضوية) « ثابتة » في قطاعاتها . لكن قانون آنشتين يعزو إليها مسارات أهليجية « تدور » في قطاعاتها . ولذلك كان من الضروري التنبؤ بانحراف مواقع الحضيض فيها وهو أقرب نقطة إلى الشمس . إن هذا الانحراف طفيف للغاية ، ولا يمكن التحقق منه إلا بالنسبة إلى عطارد ، أسرع السيارات وأقربها إلى الشمس ، ومساره أكثر مساراتها انحرافاً . ومقدار الانحراف نظرياً هو ٤٢,٩ ثانية قوسية في القرن .

هذا ومنذ أبحاث العالم الرياضي الفرنسي ليفيرييه الخاصة بحركة عطارد لوحظ أن موقع حضيضه لا ينطبق على نتائج ميكانيكا نيوتن بل هو ينحرف عنه بفرق مقداره ٤٣ ثانية قوسية في القرن . وهذا الفرق الذي استعصى تفسيره على جميع العلماء لم يعد سرّاً بعد ظهور نظرية النسبية العامة التي حسبت مقداره . وجاءت ملاحظات الرصد الأخرى لعطارد وتربو على الستة آلاف منذ عام ١٩٠٠ وقوبلت بملاحظات الأقدمين فأيدت نبوءة آنشتين .



لقد كان الناس إلى عهد قريب يحسبون الفضاء (المكان إذا شئت) امتداداً لا نهاية له من الزمان والمكان أو إطاراً فارغاً تتساوى فيه الحوادث . وهذا هو رأي نيوتن . فهو في نظره إطار مطلق مجرد ، مستقل كل الاستقلال عن المادة والقوى التي فيه .

ولكن الأمر ليس كذلك في نظر آنشتين . فهو يرى أن الفضاء الخالص لا وجود له ، بل هو العدم بذاته . ولا يمكن تصويره إلا إذا كان يحتوي على

النجوم . والكواكب والسيارات والشهب والنيازك والإشعاع والسدائم والغاز والغبار وحقول التجاذب . فهو لا وجود له إلا بوجود محتواه من المادة والقوة . فمحتواه هو الذي يجعله هو هو ، وهو الذي يسبغ عليه خصائصه . وهذا قريب مما قاله لوجيفين : « ان الهندسة تتعين بالمحتوى الحقيقي للكون » كالتقالب من المطاط - اذا صبح التشبيه - لا تستقيم له شكل الا بعد نفخه نفخاً جيداً . فما لم يُنفخ فلا شكل متقوماً له .



ان من الطريف حقاً ان نحلم بفضاء فارغ البتة ليس فيه اي جسم صلب ، ولا يخترقه شعاع من النور ، ولا ينتشر فيه اي حقل كهروطيسي (كهربيائي - مغناطيسي) . ولكن من العبث ان نأمل ان يمدنا هذا الفضاء باقل خاصية من الخصائص الطبيعية . هذا الفضاء المثالي هو فضاء هندسة اوقليدس حيث الخط المستقيم هو اقصر الطرق بين نقطتين ، وحيث مجموع زوايا المثلث تساوي زاويتين قائمتين الخ . وبهذا المعنى تكون هندسة آنشتين قد نقضت هندسة اوقليدس . فهذه الاخيرة هندسة مثالية ولا تصلح الا على سطح ورقة او في فضاء مثالي ، بل لقد ثبت ان هذا الفضاء لا وجود له . فحيثما تنقلت بين النجوم تجد انتشاراً من المادة المخلخلة ذات ثقل نوعي ضعيف ، ويقال ان منها تخرج اكوان جديدة كل يوم ^(١) واما هندسة اليوم بعد ظهور نظرية النسبية ونظرية الكم والميكانيكا

(١) قلنا مراراً ان الكون ممتلئ بمادة غازية لا ينضب معنيها . وقد اختلف العلماء في وظيفة هذه المادة وهناك رأي على جانب كبير من الأهمية في الدوائر العلمية مؤداه أن هذه المادة هي الطين الذي بني منه الكون . ولا تزال عوالم جديدة تبنى من هذه المادة . وقد اكتشف العالم السوفياتي فيسكونوف من خلال تلسكوب روجكوفسكي وجود لطخات سحابية رقيقة جداً في الفضاء يجمع بينها نجوم متميزة تتشابه خصائصها . وهذه النجوم التي تشبه السلاسل الصغيرة متقاربة جداً وهي في حالة عدم استقرار . وتدل أبحاث الرصد على أنها نجوم في طور التحكون والولادة . إذ تتحقق فيها جميع الشروط التي ينتج عنها تكثف المادة الغازية المنتشرة في أرجاء الفضاء . وأما اللطخات السحابية التي تجمع بينها فمن المرجح أنها الراسب الغازي لللطخات لم =

الموجية - ولا سيما بعد ظهور نظرية النسبية الجديدة التي اعلنها آينشتين مؤخراً باسم « النظرية التوحيدية » وسيأتي الكلام عنها - اقول ان هذه الهندسة الجديدة لم يعد الفضاء فيها شيئاً سلبياً لا دخل له ، بل لقد اصبح عنصراً فعالاً هو كل شيء ، هو والجمال الجاذبي والجمال الكهروطيسي والمادة والضوء شيء واحد .



ولنعرض الان لنقطة هامة من موضوعنا : وهي هل الكون نهائي ام غير نهائي ؟ فلنلق على الكون بمجموعه نظرة شاملة تستوعبه كله من اقضاء الى اقضاء . فالفضاء يقص بالملايين من المجررات التي تتألف كل واحدة منها من ملايين النجوم ، وكل مجرة من هذه المجررات هي بمثابة الجزيرة الصغيرة « تحفر » غورها الخاص بها في الفضاء .

= تتكثف بعد وهي في طريقها إلى التكثف .

وقد اهتم فيشنكوف بتعرف أصل هذه اللطخات . فقارن السدائم الموجودة في درب التبان مع بعضها مع بعض واستطاع أن يرسم التطور الذي يحتمل أن تكون قد مرت فيه فوصل إلى تقرير المراحل الآتية :

فأولاً : تكون السماء مختلطة لا نظام فيها تذررها سحب مظلمة من مادة متمصة . ثم تنض بفعل عوامل باطنية وتظهر فيها توججات تتحول إلى لطخات كبيرة منمزلة هي نجوم المستقبل .

والمرحلة الأخيرة من هذا التطور هي سديم قوامه لطخات عن المادة المتكثفة جداً تصبح كروية الشكل ثم تكون لنجوماً . ويرى كثير من العلماء أن الأشعة الكونية التي سجلت آثارها في طبقات الجو العليا وتحترق طبقة من الرصاص عمقها عدة أمتار وتتخلل كل شيء ، يرون أنها من فواتج عملية خلق عوالم جديدة من مادة غازية يتمخض بها الفضاء الذي كنا نعتبره إلى عهد قريب خلاء مطلقاً .

ويبدو الفضاء اذن امام عملاق كبير جداً يستطيع ان يستوعبه كله بنظرة واحدة ، يبدو امامه كأنما هو مصنوع من تنوعات متفاوتة في العمق . فاذا ابتعد هذا العملاق قليلاً ليرجع البصر ويراها عن كثب ، فانه يري كرة كبيرة جداً جداً تختفي فيها العالم الصغيرة من مجرات ومجموعات مجرية ولا يبقى منها الا الشكل الكلي .

فكما ان الكون ينحني محلياً حول النجم او المجرة الخاصة باسره ، فكذلك اذا نظر اليه ككل لا بد ان ينحني بمجموعه بعضه حول بعض ويلتف حول المادة التي يتمخض بها نتيجة لوجودها فيه . وبعبارة اخرى ان المجرات تشغل السطح الخارجي لهذه الكرة - اذا صح التشبيه . واذا كانت هذه الالتواءات وهذه التمرجات - وهي طفيفة جداً بالقياس الى حجم الكرة الكلي - تذرع السطح من جميع الجهات ، فلا بد من ان تلتقي حواشيها ، كالتضاريس الارضية ليست شيئاً بالقياس الى حجم الارض ولا تمنع من كرويتها ، وكتنوعات البحر التي تحدثها امواجه ، فان معالمها اذا نظر اليها من سفح جبل تختفي وتتحد ليكون منها سطح كروي في مجموعه ، وكتجمعات البطاطا تكاد لا ترى . ومعنى ذلك ان المادة التي تملأ جوانب الكون تقسره لا على ان ينحني هنا وهناك فحسب ، بل على ان ينقل على نفسه ايضاً فيكون له شكل الكرة . وهذه الكرة لها اربعة ابعاد : ثلاثة مكانية والرابع مكاني .

ان التمثيل بالكرة ليس سليماً من جميع جوانبه : اذ الكرة لها باطن ولها خارج . فباطن الارض ممتلي بالمعادن والصخور ، وفي جوها تحلق الطيور . واما كرة الكون فغير ذاك . انها غشاء كروي لا شيء فوقه ولا شيء تحته ، ولا شيء خارجه ولا شيء في باطنه . وتسمى كرة الكرات . فالرياضي يتلقى هذه الصورة على انها معادلة رياضية والسلام ، حتى انه لا يحاول ان يضيف عليها معنى من المعاني المحسوسة ، واما الرجل العادي اذ ليستعصي عليه تمثيل ذلك كله

فانه ينادي بالويل والثبور ، ويحتمل على النظرية وعلى صاحبها ، وعلى العلم والرياضة ، وعلى الناس اجمعين !

واذا كان الكون مقفلاً على نفسه فله حجم مغلوق ، وبالتالي فهو محدود . فالفضاء اللانهائي الذي كان يتشدد به العلماء في الماضي قد نبذ اليوم من دائرة العلم بكل ما فيه من اسرار واحاجي ، وقد حل محل اللانهائي المظلم المضطرب الذي لا سبيل الى معرفته عالم نهائي ، بل عالم يمكن قياس مقداره . وبعبارة اخرى ان شعاع النور اذا سارت دائماً في خط مستقيم لا بد من ان ترجع الى حيث بدأت بعد (٢٠٠) تريليون من سنواتنا الارضية . فهو بهذا المعنى نهائي ولكنه غير محدود . اذ لا اول له ولا اخر . فاي نقطة فيه تصلح ان تكون اولاً له وان تكون اخرّاً على السواء . كسطح الارض له حجم معين ، فهو نهائي ، ولكنه غير محدود ، فانسى انتقل الانسان فيه ، ومهما ابعد قلن يصادف من حافة .

الحق ان تفكير آنشتين في نهائية الكون اولا نهائيته لم يكن في مثل هذا الوضوح والثبات . فبعد ان صاغ نظريته في كون مغلوق ساكن (كون راكد) ذكرنا اهم خصائصه رجع ، بتأثير نظرية تمدد الكون فقال بأن كوناً متتمداً ككوننا ليس من الضروري ان يكون نهائياً . ومع هذا ففي الطبعة الرابعة لكتابه « معنى النسبية » الصادر عن جامعة برنستون عام ١٩٥٣ ، وكذلك في الطبعة عشرة لكتابه « النسبية » المطبوع في لندن عام ١٩٥٤ - انضم بعد تردد الى نظرية تمدد الكون التي سنتكلم عنها الآن وفي قلبه منها غصة . فالكون ليس لا نهائياً ، وليس اوقيديا ، وليس ثابتاً ، وانما هو شيء بين ذا وذاك ، لا تدركه الاوهام ولا يخطر في الازدهان .

تقدم القول بأن الكون تذرعه ملايين المجرات . وهذه المجرات لها اشكال متعددة وسرعات مختلفة . ولقد كان يُظن الى عهد قريب ان الكون استاتيكي (راكد) ذو حجم ثابت لا يتغير . ولكن طلع علينا في الآونة الأخيرة عالم رياضي بلجيكي هو القس لامتر - الذي قلنا أن آنشتين التقى به في بلجيكا - بكون ديناميكي . ومؤدى نظريته أن نطاق الكون يتسع وحيزه آخذ في الانتفاخ وليس له حجم ثابت . فالمجرات ليست تظل على مسافات واحدة بعضها من بعض ، بل أن هذه المسافات تنفرج شيئاً فشيئاً . إذ قد أثبتت دراسة الضوء المنبعث من هذه المجرات أنها تبتمد عنا وتتباعدها بعضها عن بعض بسرعات خيالية . ولقد ظهر أيضاً أن سرعة تباعدها تزداد بازدياد المسافة بيننا وبينها . أي أن المجرات القريبة منا تتباعدها عنا بسرعة أقل من المجرات البعيدة ، وهذه أقل من التي يتليها في البعد . وهلم جراً . والحق أنها تتباعدها عنا بسرعة واحدة . ولأضرب لذلك مثلاً بنفاخة المطاط التي يتلهى بها الأطفال . فإذا رسمنا عليها نقطاً متقاربة من جميع جهاتها ثم نفخناها فإن سرعة تباعدها بعضها عن بعض تكون واحدة من جميع الجهات . ولكن لنفرض أن على كل نقطة مكروبات لها عقول كمقولنا فأرادت أن تقيس تباعد هذه النقط عنها ، فانه يخيل اليها أن النقط البعيدة تبتمد عنها بسرعة أكبر من النقط القريبة . وأنه كلما زادت المسافة زادت السرعة . ويُخيل هذا لسكان كل نقطة . ولذلك فكل نقطة تحسب نفسها أنها مركز النفاخة مع أن سطح النفاخة ليس له مركز . وعلى هذا النحو بالضبط يجب أن تتمثل نحن تمدد الكون ، إذ يخيل إلينا أن المجرات البعيدة تتباعدها عنا بسرعة أكبر من المجرات القريبة ، وإننا في مركز الكون ، مع أن الكون لا مركز له .

والكون في مثل هذا التمثيل ليس كل نفاخة المطاط ، وكذلك ليس جوفها ، وإنما هو كما قلت سابقاً سطحها فقط ، وبالأحرى إنما هو مساحات محدودة من سطحها . وأجرام المادة من مجرات ومدايم تحتل هذه المساحات

المحدودة فقط وتسبح فيها ويتدافع بعضها عن بعض بانتفاخ الغشاء على حال الفضاء الحالي . وكما أن النفاخة تنفجر عندما يبلغ الانتفاخ حداً معيناً فتتناثر أشلاء ، فكذلك الكون ما يزال يكبر ويكبر حتى ينفجر في النهاية ويتطاير كسفاً ويتناثر حطاماً .

إن هذا التمدد عظيم الأهمية عميق الدلالة . لأننا إذا رجعنا إلى الوراء وتبعنا طريقه الذي سار فيه ، أدى بنا ذلك إلى أن المجرات في الماضي كانت متقاربة ، والمسافات بينها كانت أقل كثيراً مما هي عليه اليوم . وإذا أمعنا القهقري أكثر فأكثر ، انتهى بنا المطاف إلى عهد كانت فيه جميع السدم التي تكونت منها المجرات محتبذة كلها في حيز ضيق واحد ، ولبثت كذلك حقبة من الأزل . ثم أخذت تتمدد وتنتفخ منذ بضعة مليارات من السنين . ومعنى ذلك أن الكون حسب هذه النظرية لم ينشأ كرة فارغة ، وإنما كان كرة كثيفة جداً ثم جعلت تنتفخ شيئاً فشيئاً كأنما فيها قوة تدفع أجزائها بعضها عن بعض خارج محيطها حتى فرغ جوفها من الداخل وأصبحت أشبه بنفاخة المطاط أو فقاعة الصابون ، ولا تزال تنتفخ حتى تنفجر وتتساقط كسفاً .



قضى آنتشتين السنوات الأخيرة من حياته يدغدغه حلم جميل لم يفارقه طيلة ربع قرن ، ويبدو أنه قد حققه قبل مماته : ألا وهو نظرية « المجال الموحد » . وهذه النظرية تلخص في سلسلة من المعادلات التي تبدو لغير المتخصص كنقوش الآشوريين ، القوانين التي تسيطر على الجاذبية والكهرطيسية . ونذكر قيمة هذه النظرية إذا ذكرنا أن جميع ظواهر الطبيعة مرجعها هاتان القوتان الأساسيتان . ففي القرن الثامن عشر كانت الكهرباء والمغناطيسية يُنظر إليهما على أنها كيتان متميزتان إحداهما عن الأخرى . ثم جاء القرن التاسع عشر فأظهرت أبحاث

ارستدو فرا داي أن التيار الكهربائي يحيط به دائماً مجال مغناطيسي ، وإن القوى المغناطيسية يمكنها في بعض الأحيان أن تثير حولها تياراً كهربائياً . وبذلك تم اكتشاف المجال الكهربيسي . وهكذا فالكهرباء والمغناطيسية يمكن اعتبارهما ظاهرة واحدة . وإذا استثنينا الجاذبية فإن جميع قوى الطبيعة الأخرى (قوى الاحتكاك ، قوى التماسك الذري ، قوى المرونة التي تمكن الأجسام من الاحتفاظ بأشكالها الخ) متحدرة من أصل الكهربيسي . وكل هذه القوى تتضمن وجود المادة . والمادة تتألف من ذرات ، والذرات تتألف بدورها من جزيئات كهربائية . إن التشابه كبير جداً بين ظواهر الجاذبية والظواهر الكهربيسية . فالسيارات تدور في المجال الجاذبي للشمس ، وتدور الكمارب (الألكترونات) في المجال الكهربيسي لنواة الذرة . والأرض قطعة مغناطيسية هائلة . وكذلك الشمس والقمر والنجوم .

ولقد قامت عدة محاولات لتفسير الجاذبية وجعلها تنحل إلى ظاهرة كهربيسية فباءت جميعها بالفشل . وخيل إلى آنشتين نفسه عام ١٩٢٩ أنه قد نجح في هذا المضمار . فنشر آنذاك بحثاً في نظرية المجال الموحد ، ثم لم يلبث أن نبذها بعد مدة لأنها لم تعجبه . وأما نظريته الجديدة التي طلع علينا بها مؤخراً فهي أكثر اتزاناً . فهي تضع سلسلة من النواميس الكونية تستوعب في وقت واحد المكان اللامحدود للمعادلات الجاذبية والكهربيسية المترامية في الكون وميدان الذرة الضيق المعجيب . لقد أصبح المجاذبي ، والمجال الكهربيسي ، تبعاً لهذه النظرية ، حالتين عابرتين ووجهين مختلفين لشيء واحد . ولكن هذه النظرية لا تزال موضعاً للنقاس وليس في الوسخ الآن أن نستخلص منها نتيجة يمكن إثباتها تجريبياً . فلا بد من متابعة البحث شهوراً وأعواماً لمعرفة ما إذا كانت الغاية المنشودة قد تحققت .

ومن شأن هذه النظرية - لو صحت - أن يزول الفرق فيها بين العالم الأكبر والعالم الأصغر ، بين الكون والذرة ، بين المجال الجاذبي والمجال الكهربيسي ،

وتتحل الحركات فيها - من حركة المجرات حتى حركة الألكترونات - إلى غضون في مبنى المجال الموحد وتغيرات في درجة تركزه وقوته .



وهكذا فوراء ما يظهر في الطبيعة من تعقيد بالغ ، بساطة لا غاية لها ولا حد . لقد ضاعت أحاسيس الإنسان وأفكاره في وحدة مطلقة 'عريت' من كل صفة وسلبت كل قوام . لقد حققت نظرية المجال الموحد أيما تحقيق غاية العلم القصوى ، فأدرجت أكبر عدد ممكن من الوقائع التجريبية في نظام عام يستوعبها جميعاً ويصهرها في بوتقة واحدة . إن عملية التوحيد هذه ليست وظيفة للعلم وحده ، إنها أيضاً أعز أمنية للفكر البشري . فلقد كان جل هم الفلاسفة والعلماء والصوفية دائماً أن يوجهوا جهودهم إلى معرفة الجوهر الأقصى الذي يكن فيه سر هذا العالم ويحيد تمثيل روايته . قال أفلاطون منذ ثلاثة وعشرين قرناً : « إن العاشق الحقيقي للمعرفة يسمى دائماً في طلب الوجود (الثابت) » فهو لن يرقاق ولن يقر له قرار أمام هذه الحوادث المتعددة التي ليس لها غير ظاهر من الوجود . .

لقد اتسمت شقة الخلاف بين عالم الظواهر وعالم الحقائق . فكلمنا أسفرت الطبيعة عن وجهها وتخلت عن سر من أسرارها ، وكلما شاع النظام في الفوضى ودبت الوحدة في التنوع والبساطة في التعقيد أمعن الإنسان في التجريد والبعد عن عالم الخبرة . لقد كانت الضريبة باهظة . فلا يوجد أي شبه بين صورة الشجرة التي نحسها والشجرة التي تصفها لنا الميكانيكا الموجية ، بين قبة السماء المتلألئة في الليل وبين الزمكان القاحل الهزيل الذي حل محل المكان الأوقليدي لحواسنا .

لقد دفعنا ثمن العلم غالباً عندما أردنا التحرر من ضوضاء الحواس ، ففرقنا

بين عالم الظاهر وعالم الحقيقة - إن صح وجود هذا العالم الأخير . على نفسها جنت براقش . فالنتيجة الحتمية التي لا مناص لنا من الانقضاء اليها في نهاية الأمر هي أن الأكثمة ليس وراءها شيء ، وإن الإنسان هو بطل هذه الرواية ، وفيه يكن السر . وإذا كان علم النفس لا يزال طفلاً يحبو ، فلا نتوقع أن تبوح لنا الفيزياء الذرية وعلم الفلك قريباً بكلمة السر . فإذا فهمنا الإنسان فهمنا الكون . ففيه وحده كلمة السر !

ومهما تقدمت كشوف الفيزياء وضرب العلم في التجريد فلن يتغلى الإنسان أبداً عن كون حواسه ، ولن يستمرىء غيره ، لأن فيه قوام وجوده . فشتان بين عالم لا يحس ولا يُدرك ، عالم لا كون له ولا طعم ولا صوت ولا رائحة ، وعالم كله رؤا وجمال !

يقول هينغل بحق : « إن الوجود والعدم شيء واحد » فحياة الظلال والحداد أغنى الف مرة من حياة الحقيقة ، وفيها يكمن معنى الوجود ، وأما عالم الحقيقة فهو فقير شاحب هزيل لا معنى له على الإطلاق . فمهما أمعن الفلاسفة والعلماء في الغض من شأن عالم الظواهر ، فعالم الظواهر يظل عالم النور والجمال ، عالم الصور والألوان ، عالم السماء الزرقاء والعشب الأخضر الريان ، عالم الواقع الذي نسمع فيه خرير الماء وزقزقة العصافير ، ونتمشى فيه بتنفس الصبح وشروق الشمس ومسن النسيم . وبكلمة واحدة أن عالم الظلال والحداد والظواهر يعدل الف مرة عالم الحقيقة . لأن الظلال والحداد والظواهر معان خلصها الإنسان على ما لا معنى له ليطمئن بكل معنى . فنحن كما يقول بوهر نمثل رواية الوجود الكبرى ونشهد فصولها في آن واحد . فالإنسان هو سر الاسرار وأحجية الاحاجي ، ولن نفهم الكون قبل أن نفهم الإنسان .

ولئن كان عالمُ العلم بعيداً عن عالمِ الحس ، فلا يفيض ذلك من قيمته ، لانه في مقابل ذلك قد ظفر بأعظم الانتصارات العلمية التي عرفها التاريخ . وهذه الانتصارات لا بد أن ندفع ثمنها . ولحسن الحظ أن هذا الثمن كان نظرياً أكثر منه عملياً . ولذلك فلا علينا ما دام الثمن قليلاً . وليكن العالم في ذاته - إن كان لهذه الكلمة معنى - ما طاب له أن يكون . فإذا كان العلم لا يقول لنا شيئاً عن حقائق الاشياء - إذا كان لها من حقائق - فهو قد نجح نجاحاً كبيراً في تحديد علاقاتنا بهذه الاشياء ، وعلاقاتها بعضها مع بعض ووصف الحوادث المتضمنة بها ، فإذا نريد بعد ذلك ؟



انني لا اعتقد أن الفكر البشري أنجب نظرية ثار النقاش حولها مثلما ثار حول نظرية النسبية سلباً أو إيجاباً . فلقد عارضها المعارضون وتحمس لها المتحمسون وأصبحت موضة العصر منذ عام ١٩٢٠ . لقد انبرى الكثيرون لمعارضتها عمداً بحجة أنها غير مفهومة وأنها بعيدة عن المألوف وانها قوضت أسس الفيزياء القديمة وقضت على هندسة أوقليدس . كما قاومها آخرون بدافع الحقد والظنينة والتعصب الاعى . وقد رأينا طرفاً من ذلك في القسم الأول ، كما رأينا موجة الاعجاب بصاحبها تطنى على كل شيء رغم فهمها وسوء تأويلها .

لقد كانت أهم حجة تذرع بها المعارضون هو أن هذه النظرية مخالفة للعقل السليم . فمن الاجرام أو الجنون في زعمهم تغيير فكري الزمان والمكان البدييتين . فهبطوا إلى الشارع وانضموا إلى الفوغاء .

إن هذه النظرية جديدة كل الجدة . ولا بد لفهمها من مجهود جبار من الفكر

وتركيز الذهن . ومن المؤسف حقاً أن سواد الناس - دون خاصتهم - يتهيبون بذل الجهد ويُشفقون من تركيز الذهن ويؤثرون حياة الرقابة ، ويتشبثون بالإلف والعادة ، ويثورون على كل تجديد . إن « ملكة الحكم الجيد وتمحيص الحق من الباطل » التي يتغنى بها ديكارت ليست دائماً معياراً قوياً وهادياً أميناً في دراسة الطبيعة ، لأنها لا تترشح الى غير المألوف ، ولا تخرج على العقل السليم . فالعقل السليم هو الذي يقول لنا ان الارض مسطحة وانها مركز العالم . والعقل السليم هو الذي ثار على ارسطارخوس الساموي . عندما قال منذ عام ٢٧٠ قبل المسيح ان الارض هي التي تدور حول الشمس . والعقل السليم هو الذي أدرج كوبرنيقوس في عداد المشبوهين لانه احيا نظريه ارسطارخوس ، وكذلك العقل السليم هو الذي ادان غاليليو لانه ايد بدعة كوبرنيقوس . والعقل السليم ايضاً هو الذي علم القدماء ان الحركة التي لا تُغذّى لا بد ان تقف ، وان الحركة « الطبيعية » هي الحركة الدائرية . واذا بقانون القصور الذاتي ينقض بعد الفمي عام قول القدماء ويثبت ان الحركة المستقيمة هي الحركة الطبيعية . ان المناقشات الفلسفية القارعة التي اسقمت الفكر واجدبت في القرون الوسطى خير مثال على ضلالات العقل السليم . فلنحاذر العقل السليم وضلالاته .

ان المعيار القويم والهادي الامين هو العلم والعلم وحده ، العلم بمنهجه التجريبي ، باستقرائه واستنتاجه ، بروحه الوثابة ، بالفكر الذي يمدد ويصنف وقائعه ، ويبنى على نتائجه ؛ ولا مقياس الا .



والان تتساءل : هل نظرية النسبية صحيحة ؟ ان صحة نظرية من النظريات لا تكون ابدأ بمعنى مطاق . فالجواب الوحيد الذي يمكن ايراده الان هو ان نظرية النسبية في الوقت الحاضر تفسر عدداً « اكبر » من الظواهر التي فسرتها

سابقاتها ، وتفسرها « خيراً » منها جميعاً وحسبها ذلك الآن . فالنظريات التي تتبعها ستكون اعم منها ، وستنجم في النقاط التي قد تحقق فيها نظرية النسبية .

فلقد سيطرت الميكانيكا التقليدية التي وضع نواتها نيوتن في كتابه «المبادئ» زهاء قرنين من الزمن ، وحققت انتصارات باهرة في الفيزياء وعلم الفلك ستظل دائماً من مآثر الفكر البشري واجماده . فهذه الميكانيكا وناموس الجاذبية لا يزالان يتجاوبان مع كثير من حاجات الميادين التي تأسست فيها : فهما لا تزالان 'تعلّمان في المدارس والجامعات . فهل هما صحيحا ؟ نحن نعلم اليوم ان الفروض الاساسية فيها ليست صحيحة ، ونتائجها رغم ما يبدو عليها من الدقة تظل تقريبية . فالصيغ التقليدية التي صيغت بها خاطئة ، ولكنها قد اعطت نتائج صحيحة ما دام امرها مقصوراً على السرعات الضعيفة ، اي التي ليست يذكر بالقياس الى سرعة النور .

وها إن نظرية النسبية تحل محل ميكانيكا نيوتن وناموسه . واذا بها تنطلق من فروض جديدة كل الجدة قد نلتقي نتائجها العامة مع الميكانيكا التقليدية في نطاق السرعات الضعيفة . ولكنها ما ان تتجاوز هذه النطاق حتى تفترق عنها وتتفوق عليها تفوقاً لا مثيل له . بل ان النظرية الجديدة لا تأمل ان تسود حقبة طويلة الامد كسابقاتها ، لان التاريخ يقفز في هذا العصر . وقد رأينا كيف كان آنشتين نفسه يجاهد لتخطي نظريته هو ، ووضع نظرية المجال الموحد . ان النسبية ستزول يوماً كسابقاتها ، فالعلم لا يعرف نظرية نهائية . فجميع نظرياته موقوتة بعصورها ، مرهونة بأوقاتها . وهذا من اهم عوامل تقدمه . ولا ننس اخيراً ان نظرية النسبية هي هندسة المتواصل وانها تتجاهل - وبالأحرى لم توفق في تفسير - المتفاصل مع ان لبينات الكون الاساسية متفصلة اي ذات تكوين حبيبي منفصل بعضه عن بعض . وهذا ما

أخذه دي بروي على أنشتين . كما أخذ عليه بأن مقولتي الزمان والمكان لا تنطبقان إلا على الصعيد الأعلى من العالم وأما الصعيد الأدنى أي عالم الكموم فله مقولاته الخاصة . ان أنشتين نفسه قد أحس بهذه الثغرة في نظريته ، وأشار إليها صراحة في الملحق الثاني لكتابه ، «معنى النسبية» ، لكنه تجنب التعقيب على دي بروي في هذا الموضوع ، وهكذا نرى حركة الانشقاق على هذه النظرية تبدأ في إبان إعلانها .



وقد آن لنا ان نتساءل اذا كانت الميكانيكا التقليدية خاطئة فما بال العلماء لم يشعروا بذلك الا بعد أمد طويل ؟

ان هذه الميكانيكا تكفي في نطاق التجارب العادية ، في الكميات المحدودة والسرعات الضعيفة كسرعة السيارات والعربات . وأما نظرية النسبية فتتدخل عندما يتطلب الأمر أرقاماً كثيرة وذوياً رياضية طويلة : فهي جهاز الدقة في أيدي العلماء . كَمَثَلِ الأرض ، فهي مسطحة اذا اقتصرنا على بقعة محدودة منها . ولكننا اذا نظرنا إليها ككل فهي كروية . فالصورة الثانية أدق من الاولى ، والاولى تلتقي مع الثانية في نطاق المساحات المحدودة .

واخيراً نتساءل : ما هو التغيير الذي أحدثته هذه النظرية في حياتنا العملية ؟



من المؤكد اننا يمكننا ان نعيش ونموت ونحزن على جمل ليس بنظرية النسبية وحدها وإنما بكل نظرية أخرى . فالمراحل العقلية الحاسمة التي حققها العلم لم تقلب الحياة اليومية حالاً ، ومع هذا فقد خطت بالإنسانية خطوات واسعة

الى الامام على تفاوت في فترة الانتظار . فعضارتنا المادية وفلسفتنا الراحنة هما وليدتان لانتصار عدد قليل من الافكار المظيمة .

ها قد مضى أربعة قرون على وفاة كوبرنيقوس . ان مذهبه من الوجهة العملية ، ليس اخصب من مذهب بطليموس ، وان زجل الشارع يكاد لا يحس به . ومع هذا ففكرة كوبرنيقوس قد تمخضت عن المصور الحديثة . فلولا لما ظهر كبلر ولا غاليليو ولا نيوتن .

وكذلك الحال في نظرية النسبية . فالحياة اليومية لم تتأثر بها . ولن تختلف بها في الغد عنها اليوم ، كما لم تختلف عنها بالامس . ولكن العلم قد انطق من عقاله انطلاقاً لا عهد له بمثله . وعلى كل حال ، فالعلم سواء اخذ بنظرية النسبية ام لم يأخذ فهو لن يفكر بعد آنشتين . وهي ان عاجلاً وان آجلاً ستؤتي ثمارها المرجوة . وانا بذلك زعيم .

لئن كان من السهل نسبياً الكلام عن أنشتين العالم ، فالكلام عن أنشتين الفيلسوف امر في غاية الصعوبة . فأراؤه الفيزيائية وان تَعَثَّر الكثيرون في عرضها بأسلوب يخلو من التعقيد ، الا انها قد تبلورت على كل حال في ذهن صاحبها على الأقل واستقر امرها . لكن فلسفته ليست في مثل هذه البساطة ويشيع فيها التناقض الذي رأيناه في شخصيته السياسية وفي سلوكه كاستاذ .



فتارة ينفي عن نفسه تهمة المثالية ويصرخ بأشياء يفهم منها انه واسخ الايمان بالتجربة ، وبأن الكون له حقيقة فيزيائية مستقلة . ولكنه تارة اخري يحمدر الزمان والمكان ، كما رأينا ، من صفات الوجود المستقل ، ويجعلها من صنع الانسان . فلكل انسان زمانه الخاص ومكانه الخاص . وكذلك هو لا يعترف بوجود قوانين اساسية للكون ، متابعا في ذلك بوانكاريه وماخ . فالقوانين في نظره من خلق الخيال ومن محض الفكر . وهي ليست وليدة الاستقراء والتعميم ، بل وليدة نشاط المخترع الذي يخضع في تأملاته لمبدأين اثنين : احدهما تجريبي ومؤداه ان نتائج نظرية من النظريات يجب اثباتها بالتجربة ، والاخر منطقي

جمالي يُشك في قيمته وهو « مبدأ الاقتصاد في الفكر » ومؤداه ان القوانين الاساسية للكون يجب تقليلها الى اقل عدد ممكن وعدم تعارضها منطقياً . وهذا قريب مما تقول به مدرسة الوضعية المنطقية .

وفوق هذا ان التجربة التي يشيد بها في بعض الاحيان لا يمكنها في رأيه ان تكون مصدراً لادراك الحقيقة . فهو يقول : « وبمعنى ما فاني اؤمن اذن ان التفكير الخالص يمكنه ان يفهم المعالم الواقعي كما كان يحلم بذلك الاقدمون » .

فهو كأستاذ ماخ يؤكد ان الاشياء المادية لا وجود لها في ذاتها ، بل هي تمثل مركبات من الاحساسات تتكرر باستمرار . فالاحساسات هي العنصر الاول ولا شيء الاّها . ولذلك فهو يرى ان غاية الفزياء ليست هي اكتشاف العلاقات القائمة بين الاشياء المادية ، وانما العلاقات القائمة بين الاحساسات ، فالانسان لا سبيل له الى معرفة العالم ، فكل ما في وسعه انما هو معرفة احساساته . واذ يقرر آنشتين ان العلم وقوانينه من صناعة الفكر الانساني ، وان العالم الواقعي هو مركبات من الاحساس ، وأن غاية القوانين تصنيف احساساتنا ، فالتجربة هي شيء ذاتي ، وموضوعها مركبات الاحساس . وهكذا نرى ان علم الفزياء يكاد يستحيل لديه الى علم النفس .



ويبالغ آنشتين في قيمة الرياضيات نتيجةً لهذه النزعة . فهو يقول : « ان البناء الرياضي الخالص يمكننا من اكتشاف تلك الافكار وتلك المبادئ التي هي مفتاح فهم ظواهر الطبيعة » حتى انه لقد حاول ان يستنبط من معادلة المجال المتواصل وحدها عموم الفزياء ، بما فيها عالم الذرات والخصائص الكومية

وهنا يتجلى ميل آنشتين للصورية الرياضية البعثة ورغبته الجارفة في استنتاج سنن الطبيعة من محض المعادلات الرياضية .



وهذا الايمان الشديد بالرياضة ناجم عن عقيدته بان العقل يشيع في الطبيعة . فهو يعتقد بنوع من العقل الكوفي وبنظام سابق يسود في الطبيعة . ووظيفة الرياضيات هي ان تمهد الى اكتشافه . ويقول في ذلك : « ... بدون الاعتقاد الجازم بالنظام الباطن الذي يسود عالمنا لما قامت للعلم قائمة . فهذا الاعتقاد هو الدافع الرئيسي لكل خلق علمي وسيظل كذلك إلى الابد »

ويقول في موضع آخر : « من الواضح ان كل بحث علمي دقيق يقوم على عقيدة مشابهة للشعور الديني مؤدها ان العالم مؤسس على العقل ومن الممكن فهمه » .



ويطغى عليه هذا الشعور حتى ليحس فيه موسيقى الكون : يقول : « ان اجمل انفعال يمكن ان تهتزله نفوسنا هو الانفعال الصوفي . فهو اصل كل فن ، وكل حق . فمن ينعدم فيه هذا الشعور ولا تجدد الدهشة سبيلا الى نفسه ويحيا هلوها جزوعا - ان هذا ميت والسلام . ان معرفة ان ما لا ندركه موجود حقاً ، ويتجلى "حكمة" واي حكمة ، وجمالاً واي جمال ! فلا ترى منه ملكاتنا الفقيرة غير اشد صورة فجاجة - اقول هذه المعرفة ، ان هذا الشعور هما محور الشعور الديني الصحيح . فبهذا المعنى ، وبهذا المعنى وحده ، اضع نفسي في مصاف الرجال المتدينين تديناً عميقاً »

ويرى أنشتين ان هذه التجربة الصوفية تبلغ القمة لدى علماء الطبيعة ، لا سيما العاملين منهم في حقل الفيزياء والرياضة . وهذا هو منشأ ما يسميه أنشتين بـ «الديانة الكونية» وهو يرى «أن التجربة الدينية الكونية اشرف تجربة واقواها» وهي تنبثق من البحث العلمي العميق .

«اي ايمان عميق بالعقل الذي يتخلل هذا الكون» لدى رجل مثل كبلر او نيوتن ١١» .



وليس معنى هذه التصريحات ان أنشتين من دعاة التوفيق بين الدين والعلم كما قد تبادر الى اذهان الكثيرين . فهو لا يشع مطلقاً موجة التفسير الديني للفيزياء الحديثة ، تلك الموجة التي اخذت تتفاقم آثارها في اوساط بعض العلماء الشبيمين ممن هم على غرار جيبز وأدنتون .

فالدين في نظر أنشتين هو الاحساس الصوفي بنواميس الكون ، مضافاً اليه شعور الإلزام الخلقي نحو اخواننا . وهو لا يقيم اي وزن للشكليات والمراسيم الدينية . وعندما كان يستعمل كلمة «الله» لم يكن يستعملها بالمعنى الديني ، بل كطريقة من طرق التعبير . ومع هذا فهو يرى ان الاعتقاد بإله متشخص يتدخل في ظواهر الطبيعة امر لا يمكن نقضه علمياً . فما اوتينا من العلم الا قليلاً .



وفي رأينا ان هذا التناقض في شخصية أنشتين الفلسفية منشؤه تناقض عصره . وفي الحقيقة ان أنشتين ليس له فلسفة خاصة خارج نظريته النسبية . فهو يردد فلسفة الحقبة التي تمر في مفارق الطرق . وهو اذ كان يُمثل قمة الفيزياء

المعاصرة وكانت هذه الفزياء تتمخض نتائجها بشق التفسيرات الفلسفية التي يناقض بعضها بعضاً ، كان من الطبيعي ان تلتقي في نفسه جميع التيارات المتعارضة ، دون ان يكون له من الجرأة ما يشجعه على ان يتخذ منها موقفاً مصيناً بالذات .

فمن جهة يرى ان اصنام الفلسفة القديمة تتحطم الواحدة بعد الاخرى . ومن جهة ثانية يشعر بالحنين الى هذه الاصنام ويهو قلبه اليها . فالمادة بمعناها المتداول قد تبخرت واصبحت لا مادية . وتزعزعت الثقة بالجمعية والعلمية (السببية) وبصرامة القانون الطبيعي . وفقد العلم خاصتين مميزتين له وهما اليقين والاطلاق ، وحل محلها الاحتمال والتقريب والنسبية . وثبت ان الانسان يؤثر في الظواهر التي يدرسها ويضيف عليها كثيراً منه ، واعتمدت الحقيقة او كادت من قاموس العلم ، وظهر ان الانسان هو صانع حقيقته . وبعبارة اخرى ان العلم سائر طوعاً او كرهاً في طريق المثالية ، لانه يُحيل الى الذات قطعاً كبيراً من الظواهر التي يدرسها ^(١) . فيقف آتشتين بازاء ذلك كله ، ويحتذبه القديم والحديث ، ولا خيار له في الأمر . فيتهمه المرجفون بالمثالية كأنما قد أتى امراً إبداعاً ، وكأنما جاء ببذعة جديدة منقطعة الصلة بعصرها ، وكأن هؤلاء المرجفين أغشروا على الكون من الكون ، فيهبثون لتصحيحه كلما بدا منه ما 'نُشعر بالمثالية ، والدفاع عنه ، والتنديد بكل من يسلبه موضوعيته . وستبوء محاولاتهم بالخذلان ، لأن الكون سيظل دائماً كون الانسان ، ولن يفض ذلك من قدره او يغمطه حقه ، بل فيه تشريف له واعلاء لشأنه وتعميق لوجوده .

ان الانسان هو مكتشف هذا الكون ، وهو وحده الذي يروده بفكره . ان حياته ومضة ، ليست شيئاً في عمر الزمن . ولكن هذه الومضة هي سر

(١) سنبعث كل مسألة من هذه بالتفصيل في أعدادنا القادمة .

الوجود . فلولاها لساد الظلام كل شيء ، ولما كان للوجود معنى او روعة ،
ولظل كومة من الحجارة تقذف بالحلم والظنى . فمتى كانت الحجارة ندأ
للانسان ! فحسب الانسان انه بطل هذه الرواية ، وانه هو الذي يغني انشودة
الجمال ويعزف موسيقى الخير ويحمل مشعل النور .

فليرحم المُرْجفون ، ولتضمن القافلة ...

طرابلس - لبنان

محمد عبد الرحمن موحبا

ماهي نظرية النسبية

تألف

لاندאו ورومر

الباب الأول

النسبية التي تعودنا عليها

هل لكل عبارة معنى ؟

من الواضح لا ، حتى اذا أخذنا كلمات ذات معنى وبطناها ببعضها مع مراعاة قواعد النحو مراعاة تامة فإننا قد لا نحصل إلا على هراء ، فمن الصعب مثلاً إضفاء أي معنى على العبارة الآتية « هذه المياه مثانة » .

ولكن للأسف ليس كل هراء على هذه الدرجة من الوضوح ، وكثيراً ما تبدو العبارة للوهلة الأولى في منتهى المعقولة ولكن مع التحليل الدقيق يتضح أنها بالغة حد السخف .

اليمين واليسار

على أي جانب من الطريق - على اليمين أم على اليسار - يقع البيت ؟
الإجابة المباشرة على هذا السؤال مستحيلة .

لو تمشي من القنطرة إلى الغاية فإن البيت سيقع على اليسار ، ولو مشينا بالعكس من الغاية إلى القنطرة فإنه سيقع على اليمين . فمن الواضح انه لا يمكن

التحدث عن الجانب الايمن أو الأيسر لطريق دون أن نأخذ في الاعتبار الاتجاه الذي نعين بالنسبة له اليمين واليسار .

أما التحدث عن الشاطئ الأيمن أنهر فذو معنى ، فقط ، لأن تيار الماء في النهر يحدد اتجاهه ، بالمثل ، فالقول بأن السيارات تتحرك على اليمين ممكن ، فقط لأن حركة السيارات تفرد أحد اتجاهي الطريق ^(١) .

بهذا فان مفهومي « يميناً » و « يساراً » مفهومان نسبيان ، يأخذان معنى فقط بعد توضيح الاتجاه الذي نعينهما بالنسبة له .

الآن ، نهار ام ليل ؟

الاجابة تعتمد على المكان المعطى فيه السؤال ، عندما يكون في السبلاذ العربية نهار ففي اميركا مثلاً ليل ، ولا يوجد هنا أي تعارض فببساطة النهار والليل مفهومان نسبيان ، ولا تمكن الاجابة على السؤال المطروح دون أن نوضح بالنسبة لأية نقطة على سطح الكرة الأرضية يجري الحديث .

من اكبر ؟

والحديث عن الأبعاد الزاوية للأشياء غير ذي معنى ما لم نوضح من أية نقطة في الفراغ تجري المشاهدة ، فمثلاً ، أن نقول أن زاوية إبصار هذا البرج ^(٢) ٤٥ . يعني بالضبط أننا لم نقل شيئاً ولكن على العكس ، القول بأن زاوية إبصار البرج من نقطة تبعد عنه ١٥ متراً هي ٤٥ درجة هو قول ذو معنى ، من هذا القول ينتج مثلاً أن ارتفاع البرج يساوي ١٥ متراً .

(١) أي أننا في هذه الحالة نعين اليمين واليسار بالنسبة الى اتجاه حركة السيارات .

(٢) زاوية إبصار البرج هي إبصار أعلى نقطة فيه .

النسبي يبدو مطلقاً

لو أزيحت نقطة الرصد إزاحة صغيرة فإن الأبعاد الزاوية تتغير أيضاً تغيراً طفيفاً ، لذلك فإن القياس الزاوي يستخدم عادة في الفلك ، فتوضع على الخريطة النجمية المسافات الزاوية بين النجوم أي زوايا إبصار المسافات التي تفصل بين النجوم المختلفة اذا رصدت من على سطح الأرض .

والمعروف أننا لمها تحركنا على سطح الأرض ، ومن أية نقطة على الكرة الأرضية رصدنا النجوم فانتنا سنرى دائماً أن المسافات التي تفصلها بعضها عن البعض الآخر هي هي ، هذا يفسر بأن النجوم تفصلها عنا مسافات شاسعة يصعب تخيلها ، يكون انتقالنا على سطح الأرض بالمقارنة بها غير محسوس بحيث يمكن إهماله ، لذلك ، فالمسافات الزاوية في هذه الحالة يمكن اعتبارها قياسات مطلقة .

ولكن مع دوران الأرض حول الشمس فإن التغير في هذه القياسات يصبح ملحوظاً رغم أنه يظل ضئيلاً . أما إذا نقلنا نقطة الرصد إلى أي من النجوم ، « سيريس » مثلاً ، فإن كل هذه القياسات الزاوية تتغير بشكل يمكن معه أن يصبح النجمان البعيضان أحدهما عن الآخر في سمائنا قريبين وبالعكس .

وبدا المطلق نسبياً

كثيراً ما نقول : أعلى ، أسفل ، هل هذان المفهومان مطلقان أم نسبيان ؟

لقد أجاب الناس على هذا السؤال في العصور المختلفة إجابات مختلفة ، عندما لم يعرفوا بعد أي شيء عن كروية الأرض ، وتخيلوها مستوية كالرقاقة ،

اعتبروا الاتجاه الرأسي في جميع نقط سطح الأرض هو هو وأنه من الطبيعي جداً الحديث عن الـ (أعلى) المطلق والـ (أسفل) المطلق .

ولكن الاتجاه الرأسي اهتز في وعي الناس عندما اكتشفت كروية الأرض .

في الواقع ، مع الشكل الكروي للأرض يعتمد الاتجاه الرأسي اعتماداً أساسياً على موضع النقطة التي يمر بها .

ففي نقط سطح الأرض نفيه ، فإن هذا المفهوم قد تحول من المطلق إلى النسبي . وفي الكون لا يوجد اتجاه ما رأسي منفرد ، لذلك فلأي اتجاه في الفراغ يمكن تعيين نقطة على سطح الأرض ، يكون عندها هذا الاتجاه رأسياً

« العرف » يحاول أن يحلج

كل هذا يبدو لنا الآن واضحاً ولا يثير أي شك ولو أن التاريخ يشهد على أن البشرية لم تفهم نسبية الـ (أعلى) والـ (أسفل) .. "سهولة" .
فالناس يميلون لاعتبار المفاهيم مطلقة ما لم تكن نسبيتها واضحة من الخبرة اليومية (كما في حالة « على اليمين » و « على اليسار ») ولنتذكر الاعتراض المضحك على كروية الأرض الذي كان سائداً في العصور الوسطى : وكيف اذن سيمشي الناس ورؤوسهم إلى أسفل ؟

وخطأ هذه الحجة في أنها لا تعترف بنسبية الاتجاه الرأسي المنبثقة عن كروية الأرض .

أما اذا لم نعترف ببداً نسبية الاتجاه الرأسي واعتبرنا الاتجاه في موسكو

مثلاً ، مطلقاً^(١) ، فان سكان نيوزيلندة بلا شك يمشون ورؤوسهم إلى أسفل . ولكن إذا كان الامر كذلك فيجب ألا ننسى أن سكان موسكو بالنسبة للنيوزيلنديين بدورهم ، يمشون رؤوسهم إلى أسفل ، ولا يوجد هنا أي تعارض ما دام الاتجاه الرأسي في الحقيقة مفهوم نسبي وليس مطلقاً .

ونلاحظ أننا نبدأ في الإحساس عملياً بنسبية الاتجاه الرأسي عندما نعتبر جزئين من سطح الأرض بعيدين أحدهما عن الآخر بـمقدراً كافياً كموسكو ونيوزيلندة مثلاً ، أما إذا اعتبرنا جزئين قريبين ، منزلين في القاهرة مثلاً ، فأننا عملياً يمكن أن الاتجاهين الرأسيين متوازيين ، أي نعتبر الاتجاه الرأسي مطلقاً .

وفقط عندما يجري الحديث عن اجزاء يمكن مقارنة مساحتها مع المساحة الكلية لسطح الأرض فان محاولة إستخدام المفهوم المطلق عن الاتجاه الرأسي تؤدي إلى سخافات وتناقضات .

الأمثلة التي بحثناها توضح أن كثيراً من المفاهيم التي نستخدمها إنما هي مفاهيم نسبية أي أنها تفقد ذات معنى فقط ، عندما نوضح الشروط التي تجري تحتها الملاحظة .

(١) أي اعتبرنا ان الاتجاه الرأسي في أي مكان يوازي الاتجاه الرأسي في موسكو .

الباب الثاني

الفراغ نسبي

نفس المكان ، أم لا ؟

غالباً ما نقول أن حادثتين ما وقعتا في نفس المكان ، واعتدنا أن نقصد بهذا القول معنى مطلقاً ، ولكنه في الواقع يعني أننا لم نوضح شيئاً ، بالضبط كما لو قلنا : « الآن الساعة الخامسة » دون أن نوضح أين على وجه التحديد ، في موسكو أم في شيكاغو .

لفهم هذا نفترض أن مسافرتين بالقطار السريع حلب - بيروت إتفقتا على أن تلتقيا كل يوم في نفس المكان من إحدى عربات القطار وتكتب كل منهما خطاباً إلى زوجها ، على أغلب الظن لن يوافق الزوجان على أن زوجتيهما تلتقيان في نفس المكان ، على العكس إن عندهما كل الحق في التأكيد بأن أماكن الالتقاء هذه يبعد أحدها عن الآخر مئات الكيلو مترات فهما قد تسلا خطابين من بيروت وخطابين من بغداد وآخرين من القاهرة وغيرهما من حلب وكذلك من الاردن والكويت .

وهكذا فان حادثتين - كتابة الخطابات في اليوم الاول واليوم الثاني من

أيام الرحلة - وقعتا في مكان واحد من وجهة نظر المسافرين (في نفس المكان من نفس عربة القطار) أما من وجهة نظر روجيهما فإن مكان حدوث إحداها يبعد عن مكان حدوث الآخر مئات الكيلو مترات .

أيها على صواب ؟ المسافرتان أم زوجاهما ؟ ليس لدينا ما يبرر تفضيل أي من وجهتي النظر على الأخرى . لذا يتضح أن مفهوم « في نفس المكان » ذو معنى نسبي فقط .

مثل هذا ، القول بأن نجمين ينطبقان في السماء يكتسب معنى فقط ، لأننا نوضح أن الرصد يجري من على سطح الأرض . إذن فالقول بأن حادثتين قد انطبقتا في الفراغ ^(١) ممكن فقط عندما نوضح بالنسبة لأي جسم نعين موقع هاتين الحادثتين .

وهكذا فمفهوم الموضع في الفراغ مفهوم نسبي أيضاً ، وعندما نتكلم عن موضع جسم في الفراغ فافتنا دائماً نعني موضعه بالنسبة لأجسام أخرى . أما إذا طلبت الاجابة من سؤال : - أين يوجد هذا الجسم أو ذاك ؟ - دون الإشارة الى أجسام أخرى ، فافتنا يجب أن نعترف بأن مثل هذا السؤال ينقصه المعنى .

كيف يتحرك الجسم في الواقع ؟

من السابق ينتج أن مفهوم « انتقال جسم في الفراغ » مفهوم نسبي أيضاً ، لاننا اذا قلنا أن جسماً انتقل ، فان هذا يعني فقط أنه غير موضعه بالنسبة الى أجسام أخرى .

(١) حدثتا في نفس المكان

وإذا شاهدنا حركة جسم من مختبرات تتحرك بعضها بالنسبة لبعض فان حركة هذا الجسم ستبدو بأشكال مختلفة تماماً .

ولنأخذ مثلاً ، نرمي بحجر من طائرة وهي تطير . بالنسبة للطائرة سيسقط الحجر في خط مستقيم أما بالنسبة لمشاهد على سطح الأرض فان الحجر سيرسم منحني يعرف بالقطع المكافئ .

ولكن كيف يتحرك الحجر في الحقيقة ؟

ان لهذا السؤال من ضالة المعنى ما للسؤال عن ما هي زاوية ابصار القمر في الحقيقة ، هل هي زاوية ابصاره عندما ترصده من الشمس ام من الأرض ؟

فالشكل الهندسي للمنحنى الذي يتحرك عليه جسم ذو صفة نسبية كالصور الفوتوغرافية لمبنى ما ، إذا صورناه من الامام ومن الخلف سنحصل على صور مختلفة ، كذلك إذا شاهدنا حركة الجسم من مختبرات مختلفة فاننا سنحصل على المنحنيات المختلفة لحركته .

هل كل وجهات النظر متكافئة ؟

لو انحصر اهتمامنا عند متابعة حركة جسم في الفراغ في دراسة شكل أي من منحنيات حركته لتجدد اختيارنا لمكان الرصد انطلاقاً من أننا نضع في اعتبارنا الحصول على أسهل وأنسب صورة .

والمصور الماهر عندما يختار زاوية للتصوير يحرص على جمال الصورة المقبلة وعلى تناسقها .

ولكن عند دراسة حركة الاجسام في الفراغ فان اهتمامنا يتمدى ذلك ،

إننا لا نريد فقط أن نعرف المسار (هكذا يسمى المنحنى الذي يتحرك عليه الجسم) ولكن أيضاً أن نستطيع التنبؤ بالمسار الذي سيتحرك عليه الجسم ، وبكلمات أخرى فإننا نريد أن نعرف القوانين المنظمة للحركة ، القوانين التي تجبر الجسم على أن يتحرك بهذا الشكل بالذات وليس بشكل آخر .

لنتناول مسألة نسبية للحركة من وجهة النظر هذه وسيتضح أن المواضيع المختلفة في الفراغ ليست كلها متكافئة .

إذا ذهبنا إلى المصور لعمل صور فوتوغرافية للبطاقة الشخصية ، فمن الطبيعي أن نرغب في أن يصورنا من الوجه وليس من القفا ، بهذه الرغبة بالذات ستحدد نقطة الفراغ يجب على المصور أن يلتقط منها ، وإننا لنعترف بأن أي موضع آخر غير هذه النقطة لن يحقق الغرض بالشرط المطلوب .

وجد السكون !

تؤثر على حركة الأجسام مؤثرات خارجية تسمى بالقوى ودراسة تأثير هذه القوى تساعدنا على تناول مسألة الحركة بشكل آخر .

لنفترض أنه لدينا جسم لا تؤثر عليه أية قوى ، سيتحرك الجسم بأشكال مختلفة على درجة كبيرة أو صغيرة من الغرابة حسب المكان الذي سرعده منه ولو أنه من الصعب ألا نعترف بأن أكثر أمكنة الرصد ملائمة هو المكان الذي يبدو منه الجسم ساكناً .

هذا يمكننا الآن أن نعطي للسكون تعريفاً جديداً لا يعتمد على حركة الجسم المعطى بالنسبة لأجسام أخرى ، وهكذا فالجسم الذي لا تؤثر عليه أية قوى خارجية يوجد في حالة سكون .

المختبر الساكن

كيف نحصل على حالة سكون ؟ متى نستطيع التأكد من أنه لا تؤثر على جسم ما أية قوى ؟

الأمر واضح ، يجب أن نبعد الجسم بعيداً عن أية أجسام يمكن أن تؤثر عليه .

من مثل هذه الاجسام الساكنة يمكننا ولو نظرياً تكوين مختبر كامل ومن ثم الحديث عن خواص الحركة المشاهدة من هذا المختبر الذي نسميه مختبراً ساكناً .

وإذا اختلفت خواص الحركة المشاهدة في مختبر آخر عن خواصها في المختبر الساكن ، فلنا كل الحق أن نؤكد أن المختبر الاول يتحرك .

هل يتحرك القطار ؟

بعد أن وضعنا أن الحركة تخضع في المختبرات المتحركة لقوانين تختلف عن تلك التي تحكمها في المختبرات الساكنة ، ربما همىء لنا أن مفهوم الحركة قد فقد صفته النسبية لاننا من الآن فصاعداً عندما نتحدث عن الحركة يجب أن نعني فقط الحركة بالنسبة للسكون ونسميها بالحركة المطلقة .

ولكن هل سنشاهد بالضرورة ، عند أية إزاحة لمختبر ما ، حيوداً عن قوانين الحركة في المختبر الساكن ؟

لنركب قطاراً متحركاً بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم ولنبدأ في ملاحظة الحركة في إحدى عربات القطار ومقارنتها بتلك التي تحدث في قطار غير متحرك .

إن الخبرة اليومية تشير إلى أننا في مثل هذا القطار المتحرك في خط مستقيم وبسرعة منتظمة لن نلاحظ أي حيود أو اختلاف عن الحركة في قطار غير متحرك ، فالكل يعلم أن الكرة المقذوفة رأسياً إلى أعلى في قطار متحرك تسقط مرة ثانية في أيدينا ولا ترسم منحني .

وإذا صرفنا النظر عن اهتزاز عربات القطار الذي لا يمكن تلافيه لإعتبارات تقنية فكل شيء في القطار المتحرك بسرعة ثابتة يحدث كما في القطار الساكن .

ولكن الأمر يختلف إذا أبطأ القطار أو أسرع من حركته . في الحالة الأولى نعاني دفعة إلى الامام وفي الثانية إلى الخلف ونحس بوضوح باختلاف عن حالة السكون .

كذلك إذا غير القطار المتحرك بسرعة ثابتة إتجاه حركته فإننا سنحس بذلك ، فمع الإنعطاف المفاجيء إلى اليمين سيطوح بنا إلى اليمين .

إذا عمننا هذه المشاهدات نصل إلى النتيجة الآتية : -

لا يمكن أن نشاهد في مختبر ما أي اختلاف عن سلوك الأجسام في مختبر ساكن ، طالما كان هذا المختبر يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم بالنسبة للمختبر الساكن . ولكن بمجرد أن تتغير سرعة المختبر المتحرك في المقدار (التمجيل أو التقصير) أو في الإتجاه (الإنعطاف) فإن هذا ينمكس من فوره على سلوك الأجسام الموجودة فيه .

ولقد السكون نهائياً

إن الخاصة المعجبية لحركة مختبر بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم أي عدم

تأثيرها على سلوك الأجسام الموجودة فيه لتجربتنا على إعادة النظر في مفهوم السكون . يبدو أن حالة السكون وحالة الحركة المنتظمة في خط مستقيم لا تتميز إحداهما عن الأخرى إطلاقاً . والمختبر الذي يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم بالنسبة لمختبر ساكن يمكن أن نعتبره هو نفسه ساكناً . هذا يعني أنه لا يوجد فقط سكون - مطلق - واحد ولكن يوجد عدد لا يحصى من حالات السكون ، لا يوجد مختبر « ساكن » واحد فقط ولكن يوجد عدد لا يحصى من المختبرات « الساكنة » والتي تتحرك بعضها بالنسبة لبعض حركة منتظمة وفي خط مستقيم بسرعات مختلفة .

إذاً وحيث قد ظهر أن الكون ليس مفهوماً مطلقاً ولكن نسبياً يجب علينا دائماً أن نوضح بالنسبة لأي مختبر من هذا المبدد اللانهائي من المختبرات المتحركة بعضها بالنسبة لبعض نشاهد الحركة .

وهكذا فلم يحالفنا النجاح حتى الآن في جعل مفهوم الحركة مفهوماً مطلقاً .

ودائماً يظل السؤال الآتي مطروحاً : - بالنسبة لأي « سكون » نشاهد الحركة ؟

وهكذا فقد توصلنا إلى قانون من أهم قوانين الطبيعة الذي يعرف عادة بمبدأ نسبية الحركة .

هذا القانون هو :

تخضع حركة الأجسام في كل المختبرات التي تتحرك بعضها بالنسبة لبعض بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم لقوانين واحدة .

قانون القصور الذاتي

من مبدأ نسبية الحركة ينتج أن الجسم الذي لا تؤثر عليه أية قوى خارجية يمكنه أن يوجد ليس فقط في حالة سكون ولكن أيضاً في حالة حركة منتظمة وفي خط مستقيم ، هذه القاعدة في الفيزياء تسمى بقانون القصور الذاتي .

غير أن هذا القانون يبدو كما لو كان محجوباً ولا يفصح عن نفسه مباشرة في الحياة اليومية . فحسب قانون القصور الذاتي يجب أن يستمر الجسم الموجود في حالة حركة منتظمة وفي خط مستقيم في حركته هذه إلى ما لا نهاية إذا لم تؤثر عليه أية قوى خارجية ، ولكننا من مشاهداتنا نعرف أن الجسم الذي لا تؤثر عليه بقوة ما يتوقف عن الحركة .

إن السبب هنا يتلخص في أن كل الأجسام توجد تحت تأثير بعض القوى الخارجية - قوى الاحتكاك - وبذلك ينتفي الشرط الضروري للملاحظة قانون القصور الذاتي - شرط عدم وجود القوى الخارجية المؤثرة على الجسم - ولكن مع تحسين ظروف التجربة بتقليل قوى الاحتكاك يمكننا أن نقرب من الشروط المثالية الضرورية للملاحظة قانون القصور الذاتي مبرهنين بذلك على صحة هذا القانون حتى للحركة المشاهدة في الحياة اليومية .

إن إكتشاف مبدأ نسبية الحركة واحد من الإكتشافات العظمى وبدونه لاستحال تطوير الفيزياء ونحن مدينون بهذا الكشف لعبقريه جاليليو . ولقد وقف جاليليو بشجاعة ضد تعاليم أرسطو التي كانت سائدة في ذلك العصر والتي كان يدعمها نفوذ الكنيسة الكاثوليكية ، تلك التعاليم التي كانت تقول بأن الحركة ممكنة فقط مع وجود قوة وأنها تتوقف حتماً بدونها . أوضح جاليليو بسلسلة من التجارب الرائعة أن سبب توقف الأجسام المتحركة هو

بالمعكس وجود قوة الاحتكاك ولو لم تكن هذه القوة لتعركت الاجسام التي تدفع إلى الحركة مرة ، حركة أبدية .

والسرعة ايضاً نسبية ؟

من مبدأ نسبية الحركة ينتج ان الحديث عن حركة جسم منتظمة وفي خط مستقيم بسرعة معينة دون الاشارة بالنسبة لأي المختبرات الساكنة نقيس هذه السرعة يحتوي من المعنى على قدر يعادل في ضالته ذلك القدر الذي يحتويه الحديث عن الطول الجغرافي دون أن نحدد مسبقاً من أي خط طول نبداً القياس .

يتضح إذا أن السرعة ايضاً مفهوم نسبي . وإذا عينا سرعة جسم واحد بالنسبة إلى مختبرات مختلفة فاننا سنحصل على نتائج مختلفة ، ولكن مع هذا فان لأي تغير في السرعة سواء كان تزايداً او تقصيراً او تغيراً في الإتجاه معنى مطلقاً ولا يعتمد على اي المختبرات الساكنة نشاهد منها الحركة .

الباب الثالث

تراجيديا الضوء

الضوء لا ينتشر فجأة

لقد تأكدنا من صحة مبدأ نسبية الحركة ومن وجود مجموعة لا نهائية من المختبرات الساكنة ، وقوانين الحركة في هذه الأخيرة لا تختلف من مختبر لآخر. ولو أنه يوجد نوع من الحركة يتناقض للوهلة الأولى مع المبدأ الموضح سابقاً ، هذا النوع من الحركة هو انتشار الضوء .

إن الضوء لا ينتشر فجأة ولو أنه ينتشر بسرعة — ٣٠٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية .

إننا لا يمكننا أن نعقل مثل هذه السرعة الضخمة لأننا في حياتنا اليومية نتعامل مع سرعات أقل من ذلك بما لا يقاس . فعلى سرعة صاروخ كوني سوفيتي مثلاً وصلت ١٢ كيلومتراً في الثانية فقط ، والأرض في حركتها حول الشمس هي الجسم الأكثر سرعة من كل الأجسام التي نتعامل معها ، ولكن سرعة الأرض ٣٠ كم / ثانية لا غير .

هل يمكن تغيير سرعة الضوء ؟

إن سرعة الضوء الضعفة بحد ذاتها لا تبدو شيئاً مفرقاً في القرابة ولكن المدهش حقاً هو أنها تتناز بثبات قاطع .

إننا يمكننا دائماً بطرق مختلفة أن نهدى أو نعمل من سرعة أي جسم ، حتى الرصاصة ، نضع في طريق الرصاصة المنطلقة كيساً من الرمل فتفقد جزء من سرعتها أثناء إخراجها للكيس وتخرج بسرعة أقل .

ولكن الأمر مع الضوء يختلف كلياً ، ففي الوقت الذي تعتمد فيه سرعة الرصاصة على تركيب السلاح الذي أطلقها وعلى طبيعة البارود في الطلقة ، لا تعتمد سرعة الضوء على مصدره فهي واحدة مهما كان المصدر .

والآن لنضع في طريق الشعاع الضوئي متوازي مستطيلات زجاجي ، ولأن سرعة الضوء في الزجاج أقل منها في الفراغ ، فعند مرور شعاع الضوء في متوازي المستطيلات تقل سرعته ولكن ما إن يخرج منه حتى يعاود انتشاره بسرعة ٣٠٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية .

فانتشار الضوء في الفراغ على خلاف كل أنواع الحركة الأخرى يمتاز بخاصية على درجة قصوى من الأهمية وهي أنه لا يمكن إبطاؤه أو تعجيله . ومهما حدث من تغير للشعاع في المادة فبمخروجه للفراغ يبدأ في الانتشار بالسرعة السابقة .

الصوت والضوء

انتشار الضوء بهذه الخاصية لا يشبه حركة الأجسام المادية ولكن يشبه

ظاهرة انتشار الصوت . فالصوت عبارة عن حركة اهتزازية لجزيئات الوسط الذي ينتقل فيه ، ولذلك فإن سرعته تتحدد بخواص الوسط وليس بخواص الجسم مصدر الصوت . وسرعة الصوت مثلها مثل سرعة الضوء لا يمكن إنقاصها أو زيادتها حتى ولا بإمرار الصوت خلال جسم ما .

فإذا وضعنا في طريق انتشار الصوت حاجزاً معدنياً مثلاً فإن الصوت يغير من سرعته في المعدن ولكنه يكتسب سرعته الابتدائية ما أن يعود إلى الوسط الأول .

والآن ، لنضع في مغلخلة الهواء مصباحاً وجرساً كهربائيين ثم نبدأ في سحب الهواء . سيضعف صوت الجرس حتى يصبح غير مسموع بالمرّة أما المصباح فيستمر في الإضاءة كالسابق .

هذه التجربة توضح أن الصوت يمكنه الانتشار في وسط مادي فقط بينما لا يمكن الانتشار في الفراغ فضلاً عن بعض الأوساط المادية .

وفي هذا يكمن الفرق الأساسي بينهما .

مبدأ نسبية الحركة يبدو مزعزعا

لقد أدت سرعة الضوء في الفراغ - الماثلة ولكن المحدودة - أدت إلى تناقض مع مبدأ نسبية الحركة .

لنتخيل قطاراً متحركاً بسرعة ضخمة - ٢٤٠٠٠٠ كم / ثانية ، لنجلس في أول القطار وليضئ في آخره مصباح ، ولنفكر كيف ستكون نتائج قياس الزمن اللازم للضوء لكي يقطع المسافة من إحدى نهايتي القطار إلى النهاية الأخرى .

هذا الزمن على ما يبدو سيختلف عن ذلك الذي نحصل عليه في قطار ساكن . في الواقع ، بالنسبة لقطار متحرك بسرعة 240000 كم/ثانية ، كانت سرعة الضوء يجب أن تكون (إلى الامام في اتجاه القطار) $300000 - 240000 = 60000$ كم/ثانية فقط والضوء كما لو كان يلاحق الحائط الامامي لمقدمة القطار الذي يهرب منه . ولو وضعنا المصباح في مقدمة القطار وقسنا الزمن اللازم للضوء كي يصل إلى العربة الاخيرة فان سرعة الضوء في عكس اتجاه حركة القطار كانت يجب أن تكون $240000 + 300000 = 540000$ كم/ثانية (الضوء ومؤخرة القطار يتحركان لملاقاة احدهما الآخر) .

وهكذا ينتج أن الضوء في القطار المتحرك كان يجب أن ينتشر في الاتجاهات المختلفة بسرعات مختلفة بينما ينتشر الضوء في القطار غير المتحرك بسرعات متساوية في كلا الاتجاهين .

أما بالنسبة للرصاصة فالامر يختلف كل الاختلاف . فسواء أطلقناها في اتجاه حركة القطار أو في الاتجاه العكسي ستكون سرعتها بالنسبة لجدران العربة دائماً هي هي ومساوية لسرعتها لو أطلقناها في قطار غير متحرك .

والسبب هو ان سرعة الرصاصة تعتمد على سرعة السلاح الذي تنطلق منه . اما سرعة الضوء فإنها لا تتغير بتغير سرعة المصباح كما ذكرنا .

كل هذا كما لو كان يبرز بوضوح ان ظاهرة انتشار الضوء تتناقض تناقضاً حاداً مع مبدأ نسبية الحركة ، فبينما تطير الرصاصة في القطار الساكن كما في القطار المتحرك بنفس السرعة بالنسبة لجدران القطار نجد أن الضوء في القطار المتحرك بسرعة 240000 كم/ثانية كان يجب ان ينتشر في أحد الاتجاهات بسرعة اقل بخمس مرات وفي الاتجاه الآخر بسرعة أكبر بـ 108 مرة من سرعته في القطار الساكن .

وبذلك فان دراسة انتشار الضوء كانت يجب أن توفر إمكانية تحديد السرعة المطلقة للقطار .

كذلك يلوح أمل ، الا يمكن بدراسة ظاهرة انتشار الضوء تحديد مفهوم للكون المطلق ؟

فالمختبر الذي ينتشر فيه الضوء في كل الاتجاهات بنفس السرعة التي تساوي ٣٠٠٠٠٠ كم/ثانية سيمكننا تسميته مختبراً ساكناً وفي اي مختبراً ساكناً وفي اي مختبر آخر يتحرك بالنسبة له بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم كانت سرعة الضوء يجب ان تختلف في الاتجاهات المختلفة وفي هذه الحالة لا توجد لانسبية الحركة ولا نسبية السرعة ولا نسبية الكون على عكس ما قررنا من قبل .

الاثير الكوني

كيف يمكن فهم الامور التي عرضناها سابقاً ؟ لقد أتى على علماء الفيزياء وقت استفادوا فيه من التشابه بين ظاهرتي انتشار الصوت والضوء وقياساً على الصوت افترضوا وجود وسط خاص سينتشر فيه الضوء كما ينتشر الصوت في الضوء كما ينتشر الصوت في الهواء وسموه بالاثير ، كذلك افترضوا ان اي جسم اثناء حركته خلال الاثير لا يحمره معه كاتمقص المنصوص من قضبان متناهية الدقة لا يحمر الماء معه اثناء حركته فيه .

فاذا كان قطارنا لا يتحرك بالنسبة للاثير فان الضوء سينتشر فيه بنفس السرعة في الاتجاهات المختلفة ، وحركة القطار بالنسبة للاثير سيدل عليها في التو اختلاف سرعة انتشار الضوء في الاتجاهات المختلفة .

ولكن فرض الاثير - وذلك الوسط الذي تظهر اهتزازاته في صورة

الضوء - يشير من الاسئلة ما لا حل لها . ففي المحل الاول نجد بوضوح أن الفرض في حد ذاته مقتعل جداً . في الواقع ، نحن نستطيع دراسة خواص الهواء ليس فقط بملاحظة انتشار الصوت فيه ولكن ايضاً باستخدام طرق البحث الكيميائية والفيزيائية المتعددة اما الاثير ، ولحكمة خافية ، فلا يلعب اي دور في اكثر الظواهر . كذلك فلكثافة الهواء وضغطه في متناول ايدي المقاسات عن الدقة في الوقت الذي انتهت فيه كل المحاولات الرامية الى معرفة اي شيء عن كثافة الاثير او ضغطه الى الفشل الكامل .

تكون اذن وضع غير معقول .

يمكن طبعا «تفسير» ظاهرة الطبيعة من اية ظواهر افتراض وجود سائل معين له من الخواص ما هو ضروري لتفسير هذه الظاهرة ولكن النظرية الحقيقية لتفسير ظاهرة ما تختلف عن مجرد اعادة صياغة الحقائق المعروفة بلغة العلماء ، بأنه ينتج منها اكثر بكثير مما تعطي الحقائق التي بنيت عليها النظرية . فمفهوم الذرة مثلاً انتشر في العلم انطلاقاً من مسائل الكيمياء ولو ان معرفتنا عن الذرة وفرت لنا امكانية تفسير كثير من الظواهر التي لا علاقة لها اطلاقاً بالكيمياء وكذلك بالتنبؤ بعدد هائل منها .

اما افتراض الاثير فنحن في حل من تشبيه بالتفسير الذي اعطاه رجل بدائي عندما سمع الجرامفون باقتراضه وجود «روح جرافونية» بداخل هذا الصندوق العجيب .

مثل هذه التفسيرات تكافىء بالطبع عدم تفسير اي شيء .

ولقد مر علماء الفيزياء قبل افتراض الاثير بتجارب مرة من هذا النوع ، ففي وقت من الأوقات «فسروا» ظاهرة الاحتراق بخواص سائل خاص عرفوه

باسم الفلوجستين والظواهر الحرارية بخواص مائل اخر سموه بأصل الحرارة ،
وفي هذا المقام يمكن ان نقول ان كلا هذين السائلين كالآثير امتاز بالغموض
المطلق .

تكون وضع صعب

الأم من كل ذلك ان اخلال الضوء بدأ نسبية الحركة كان يجب ان يستلزم
بالضرورة اخلال الاجسام الاخرى به .

في الواقع ، اي وسط يبدي مقاومة لحركة الاجسام فيه ، لذلك كان يجب
ان يصعب انتقال الأجسام في الآثير احتكاك يهديء من سرعتها ليؤدي بها في
النهاية الى السكون ، ولكن هالك الارض تدور منذ مليارات السنين (حسب
التقديرات الجيولوجية) حول الشمس ولم يلاحظ اي نقص في سرعتها نتيجة
احتكاكها بالآثير .

وهكذا بمحاولتنا تفسير التصرف العجيب للضوء في القطار المتحرك بفرض
وجود الآثير وقمنا في اشكال ضخم . وافترض وجود الآثير لا يحل التناقض
بين اخلال الضوء بدأ نسبية الحركة وخضوع الاجسام الاخرى له .

يجب ان نحتكم الى التجربة

كيف نتصرف إزاء هذه التناقضات ؟ قبل ان نبدي هذا الرأي أو ذاك لناخذ
في اعتبارنا اننا قد وصلنا الى التناقض بين انتشار الضوء ومبدأ نسبية الحركة
انطلاقا من الحوار البحت .

حقا لقد كان حوارا مقنعا للغاية ، ولكن ان نكتفي بالحوار فقط مثل
ما فعل بعض الفلاسفة للقدامي الذين حاولوا الحصول على قوانين الطبيعة من

ادمغتهم الخاصة وهنا يبرز بالضرورة خطر وهو ان العالم المبني بهذه الطريقة مع كل تناسقه وجماله لا يشبه الواقع كثيراً .

اذا فالحكم الاعلى لاية نظرية فيزيائية هو التجربة ، ومن الضروري الا نكتفي بمحاكاة نظرية فيزيائية هو التجربة ، ومن الضروري الا نكتفي بمحاكاة نظرية حول مايجب ان تكون عليه كيفية انتشار الضوء في قطار متحرك بل نرجع الى التجارب التي ستوضح كيف يتحرك الضوء في هذه الظروف في الواقع .

ان اجراء مثل هذه التجربة يسهل واقع اننا افنسنا نعيش على جسم متحرك ، والارض اثناء دورانها حول الشمس لا تتحرك مطلقاً في خط مستقيم ومن ثم فلا يمكن ان توجد باستمرار في حالة سكون من وجهة نظر اي مختبر ساكن (١) .

حتى إذا أخذنا في البدء المختبر الذي تكون الارض بالنسبة له ساكنة في يناير مثلاً ، وحيث ان اتجاه حركة الارض حول الشمس يتغير ، فمن المؤكد انها في يونيو ستوجد بالنسبة لهذا المختبر في حالة حركة . لذا فبدراستنا انتشار الضوء على الكرة الأرضية ندرس في الواقع انتشار الضوء في مختبر متحرك على وجه التحديد (٢) (والاكثر من هذا الارض تتحرك بسرعة ٣٠

(١) راجع مفهوم المختبر الساكن صفحة ١٧ .

(٢) لاحظ ان القطار المتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم يعتبر مختبراً ساكناً ، اما المختبر المتحرك فهو ذلك المختبر الذي يتحرك بالنسبة لمختبر ساكن بسرعة متغيرة سواء في المقدار او في الاتجاه كالارض مثلاً في دورانها حول الشمس .

كم/ثانية وهي سرعة هائلة بالمقارنة مع ظروفنا (يمكن إهمال دوران الأرض حول محورها والذي يكسبها سرعة تصل الى $\frac{1}{2}$ كم/ثانية) .

هل نحن في حل ، بالرغم من ذلك ، من تمثيل الكرة الأرضية بالقطار المتحرك سابق الذكر والذي أدى بنا الى المأزق ، فالقطار يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم اما الأرض تتحرك في دائرة . نعم نحن في حل من هذا ، فلا بأس على الإطلاق من اعتبار ان الأرض تتحرك في خط مستقيم وبسرعة منتظمة اثناء الفترة الزمنية لمرور الضوء عبر اجهزة القياس والتي لا تتعدى جزء متناهياً في ضآلته من الثانية والخطأ الذي يمكن ان نقع فيه هنا أضال من ان يحس .

وما دمننا قد شبهنا الكرة الأرضية بالقطار فالطبيعي ان نتوقع ان يتصرف الضوء على الأرض بنفس الدرجة من الغرابة : ينتشر في الاتجاهات المختلفة بسرعات مختلفة .

مبدأ النسبية ينتصر

لقد أجرى مايكلسون - من أعظم علماء الفيزياء العملية في القرن التاسع عشر - مثل هذه التجربة عام ١٨٨١ وقاس بدرجة عالية من الدقة سرعة الضوء بالنسبة للأرض في اتجاهات مختلفة . ولكي يدرك الاختلاف البسيط المتوقع في السرعات اضطر مايكلسون الى استخدام تكتيك على درجة عالية من الدقة والحساسية وظهر في ذلك براعة وقدرة خلاقية على الابتكار . ولقد كانت التجربة على درجة من الدقة تسمح بادراك فروق في السرعات اقل بكثير من تلك المفترضة بناء على الدراسة النظرية .

لقد أمت تجربة مايكلسون والتي أعيدت من ذلك الحين اكثر مرة في

ظروف جد متباينة إلى نتيجة غير متوقعة على الإطلاق . ولقد اوضحت ان انتشار الضوء في المختبر المتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم يحدث في الواقع بشكل ويختلف تماما عما تؤدي اليه دراستنا النظرية ، وعلى وجه التحديد لاحظ مايكلسون ان الضوء ينتشر على الارض (المتحركة) بسرعات متساوية في الاتجاهات المختلفة بسرعات متساوية بالنسبة الى جدران المختبر بصرف النظر عن حركة المختبر (المنتظمة وفي خط مستقيم) .

وهكذا اوضحت تجربة مايكلسون ان ظاهرة انتشار الضوء على عكس دراستنا النظرية لا تتناقض على الإطلاق مع مبدأ نسبية الحركة بل على العكس توجد معها في تناقض كامل . وبكلمات اخرى اتضح ان دراستنا صفة ٢٥ خاطئة .

خرجنا من وضع سيء الى اسوأ

وهكذا ازلت التجربة التناقض بين انتشار الضوء وبين مبدأ نسبية الحركة . وظهر ان التناقض كان مجرد تعارض كاذب نتج من دراستنا الخاطئة . ولكن اين يكن الخطأ على وجه التحديد ؟

لقد أعي البحث عن حل لهذا السؤال علماء الفيزياء في العالم كله لمدة ربع قرن تقريباً من ١٨٨١ الى ١٩٠٥ ولكن كل التفسيرات المفتوحة أدت الى تناقضات أكثر فأكثر بين النظرية والتجربة .

اذا تحرك قفص الصنوع من قضبان دقيقة بمشاهد فان المشاهد يحس بتيار من الهواء ، اذا كان مع المراقب في القفص مصدر للصوت وقاس سرعة الصوت بالنسبة للقفص لوجدتها في اتجاه حركة القفص اقل منها في الاتجاه المضاد اما اذا وضعنا مصدر الصوت في قطار مغلقة نوافذه وابوابه وقسنا سرعة الصوت

فيه ، وحيث ان مثل هذا القطار يحرق الهواء الذي بداخله معه (١) ، فاننا نجد ان سرعة الصوت متساوية في الاتجاهات المختلفة .

اذا انتقلنا من ظاهرة انتشار الصوت الى الضوء ، ربما افترضنا بتفسير نتائج تجربة مايكلسون الآتي : — عندما تتحرك الارض فهي لا تترك الاثير ساكناً وتمر من خلاله كالقفص المصنوع من قضبان دقيقة ولكنها تجره معها مكونة معه اثناء حركتها كلا موحداً . وهكذا تصبح نتائج تجربة مايكلسون مفهومة ،

ولكن هذا الفرض يتعارض تعارضاً جاداً مع مجموعة كبيرة من التجارب الأخرى . فهو يتعارض مثلاً مع خواص انتشار الضوء في انبوبة بها ماء جاري ، لانه لو كان الفرض صحيحاً لوجدنا ان سرعة الضوء في الماء الساكن مضافاً اليها سرعة الماء ولكن القياسات المباشرة تعطى قيمة أصغر من تلك المتوقعة من دراستنا هذه .

هذا فضلاً عن اننا لمحدثنا عن وضع غاية في الغرابة وهو ان الاجسام عند حركتها خلال الاثير لا تعاني اي احتكاك ، اما ان نقول ان الاجسام لا تمر فقط خلال الاثير ولكنها تجره معها فان الاحتكاك لا بد ان يكون محسوساً على اي حال .

وهكذا انتهت كل المحاولات لتخطي التناقض الذي ادت اليه النتائج غير المتوقعة لتجربة مايكلسون الى الفشل .

والآن نحصل على الآتي :

(١) القطار المفلق والهواء بداخله يتحركان كجسم واحد ما دام القطار يتحرك بسرعة منتظمة وبلي خط مستقيم .

تجربة مايكلسون تؤكد مبدأ نسبية الحركة ليس فقط لحركة الأجسام العادية ولكن أيضاً لخاصية انتشار الضوء اي لجميع ظواهر الطبيعة .

ومما سبق رأينا ان مبدأ نسبية الحركة يؤدي بشكل مباشر الى نسبية السرعة : مقدار السرعة يختلف من مختبر الى آخر يتحرك بالنسبة له . ولكن سرعة الضوء - ٣٠٠ ٠٠٠ كم / ثانية - لا تتغير في المختبرات المختلفة وبالتالي فهي ليست نسبية بل مطلقة !

الباب الرابع

اتضاح نسبية الوقت

هل يوجد تناقض في الواقع ؟

يمكن أن يبدو من الوهلة الاولى اننا نواجه تناقضاً منطقياً حينما نقول « ان الوقت نسبي » ان ثبات سرعة الضوء في مختلف الاتجاهات يؤكد مبدأ النسبية ، في الوقت الذي تكون فيه سرعة الضوء مطلقة .

لنتذكر موقف الإنسان في القرون الوسطى من الواقع القائل بأن الارض كروية : ان كروية الارض بالنسبة لذلك الانسان كانت تناقض تاماً وجود قوة التثاقل اذ ان جميع الاجسام كان يجب ان تتساقط عن الارض « الى اسفل » . ولكننا نعلم بالتأكيد في الوقت نفسه انه ليس هناك اي تناقض منطقي في هذا الامر . كل ما في الامر ان مفهومي « أعلى » و « أسفل » ليسا بمطلقين بل هما نسييان .

ان نفس الحالة تنطبق على قضية انتشار الضوء

ولقد كان عبثاً البحث عن تناقض منطقي بين مبدأ نسبية الحركة ومطلقية

سرعة الضوء . ذلك لان التناقض هنا يطهر لجرد اننا ، في هذه الحالة ، ادخلنا
دوغما شعور فروضاً اضافية اخرى ، تماماً كما كان الامر عليه مع الناس في القرون
الوسطى حيناً انكروا كروية الارض ، مستندين على اعتبارهم مفهومى الـ «أعلى»
والـ «أسفل» مفهومين مطلقين . ان الايمان بـ «أعلى» والـ «أسفل» ،
المضحك بالنسبة لنا ، نبع عن افتقار هؤلاء الناس للتجربة ، لانهم في ذلك
الوقت قلما كانوا يسافرون ، ولم يكونوا ليعرفوا الا مساحات ضئيلة من سطح
الارض . وبديهي ان شيئاً مماثلاً حدث لنا كذلك ، بسبب افتقارنا لتجربتنا ،
حيث كنا نعتبر الاشياء النسبية كأنها مطلقة .

فما هي بالذات ؟

بغية الكشف عن خطئنا ، فلنعمد في المستقبل على الاوضاع التي يمكن ان
تتشأ نتيجة لتجربتنا فحسب .

فلنستقل القطار

ولنتصور قطاراً يبلغ طوله ٥٤٠٠٠٠٠ كيلو متر ، يتحرك في خط مستقيم
بسرعة منتظمة تبلغ ٢٤٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية .

ولنفترض أن مصباحاً اوقد في وسط القطار في لحظة زمنية معينة من
اوقات السفر ، وقد نصب ، في المربعين الاولى والاخيرة ، ابواب آلية
(اوتوماتيكية) تفتح في تلك اللحظة التي تتعرض فيها لاشعة الضوء . فما الذي
سيراه الناس الذين في القطار والناس الذين على الرصيف ؟

للإجابة على هذا السؤال سنعمد ، كما اتفقنا ، على التجارب فحسب .

إن الجالسين في وسط القطار سيرون الآتي : بما أنه حسب تجربة مايكلسون

ينتشر الضوء بسرعة واحدة في جميع الاتجاهات بالنسبة للقطار ، أى بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية ، ففي هذه الحالة سيصل الضوء بعد ٩ ثوان (٢٧٠٠٠٠٠ : ٣٠٠٠٠٠) إلى العربتين الأولى والأخيرة في آن واحد ، وسيفتح البابان في آن واحد .

فما الذي سيراه الواقفون على الرصيف ؟ ينتشر الضوء بالنسبة للمحطة بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية أيضاً . غير أن العربة الأخيرة تسير للاقفاة شعاع الضوء . ولهذا فإن الضوء سيتقابل مع العربة الأخيرة بعد مضي

$$٥ \text{ ثوان} = \frac{٢٧٠٠٠٠٠}{٣٠٠٠٠٠ + ٢٤٠٠٠٠} \text{ أما بالنسبة للعربة الأولى فيجب على شعاع الضوء أن يلاحقها ، ولذلك فلن يصلها إلا بعد مضي}$$

$$٥ \text{ ثانية} = \frac{٢٧٠٠٠٠٠}{٣٠٠٠٠٠ - ٢٤٠٠٠٠} .$$

إذن فسيبدو للواقفين على الرصيف أن أبواب القطار لم تفتح في آن واحد . ففي البداية ستفتح أبواب العربة الأخيرة ، أما أبواب العربة الأولى فلن تفتح إلا بعد مضي ٥ - ٥ = ٠ ثانية^(١) .

وفي هذه الحالة فإن الحداث المائلين ، أي فتح أبواب عربتي القطار الأولى والأخيرة ، يبدوان للناس في القطار وكأنهما يجريان في آن واحد . أما بالنسبة للواقفين على الرصيف فإنها يبدوان منفصلين بفترة زمنية تعادل ٤٠ ثانية .

(١) فيما بعد سنشرح هذه المفاهيم بصورة أدق .

هزيمة « التفكير السليم »

أفي هذا ثمة تناقض ؟ أفلا تبدو هذه الحقيقة التي اكتشفناها مجرد هراء كأن نقول مثلاً : طول التماسح من الذنب إلى الرأس متران ، ومن الرأس إلى الذنب متر واحد ؟

فلنتحاول أن نتفهم لماذا تبدو النتيجة التي حصلنا عليها غير معقولة ، رغم أنها في وفاق تام مع التجربة .

مهما فكرنا في ذلك فلن نستطيع أن نجد تناقضاً منطقياً في أن الحدين اللذين جريا في آن واحد بالنسبة للمسافرين في القطار ، بديا منفصلين بفترة تعادل ٤ ثانية بالنسبة للواقفين على الرصيف .

إن الشيء الوحيد الذي يمكن أن نعزي به أنفسنا هو أن استنتاجنا يتناقض مع « التفكير السليم » .

ولنتذكر كيف كان « التفكير السليم » للإنسان في القرون الوسطى يعارض واقع دوران الأرض حول الشمس ! ولكن في الواقع فإن التجربة اليومية كانت تؤكد لأنسان القرون الوسطى أن الأرض مستقرة والشمس تدور حولها . أغليس الناس بدينين لـ « التفكير السليم » الذي قادم إلى براهين مضحكة تؤكد عدم إمكانية كروية الأرض ؟!

لقد سخر من صدام « التفكير السليم » مع الواقع في النادرة المعروفة عن المزارع الذي رأى زرافة في حديقة الحيوان فقال : « لا يمكن أن يكون هذا ! » .

وإن ما يدعى بالتفكير السليم ليس إلا مجرد تعميم لتصوراتنا الناتجة من الحياة اليومية .

هذا المستوى المعين للادراك يعكس مستوى التجربة .

إن صعوبة إدراك أن الحداثين اللذين يحريان في القطار في آن واحد ، سيدوان لنا غير ذلك في حالة وجودنا على الرصيف ، تماثل الصعوبة التي واجهها المزارع الذي أثار منظر الزرافة فيه الاستفهام . فالمزارع لم ير الزرافة من قبل ، كما أننا ما نحركنا أبداً بسرعة تقارب ، ولو إلى حد ما ، من السرعة الأسطورية التي تبلغ ٢٤٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية . وليس بالمستغرب أن الفيزيائيين إذ يواجهون مثل هذه السرعة الأسطورية ، فانهم يلاحظون وقائع تختلف اختلافاً جوهرياً عن تلك الوقائع التي ألفناها في حياتنا اليومية .

إن النتيجة المفاجئة التي حصلنا عليها من تجربة مايكلسون ، والتي وضعت الفيزيائيين أمام هذه الوقائع الجديدة ، حملتهم على إعادة النظر ، على الرغم من « التفكير السليم » ، في التصورات الراسخة في أذهاننا والتي اعتدنا عليها كحدوث حدثين في آن واحد ، مثلاً .

وبديهى أنه كان في استطاعتنا أن نتمسك بـ « التفكير السليم » وبالتالي أن ننكر وجود ظواهر جديدة غير أننا لو كنا قد فعلنا ذلك لكننا على غرار ذلك المزارع في النادرة التي سبق ذكرها .

الزمن يلاقي مصير الفضاء

إن العلم لا يخشى الاصطدام بما يسمى بالتفكير السليم ، بل أن ما يخيفه هو عدم التوافق بين التصورات الموجودة فعلاً والمعلومات التجريبية الجديدة . فإذا ما حدث ذلك فإن العلم يحطم ، دون مازحة ، التصورات القائمة ، ويرفع بذلك إدراكنا إلى درجة أعلى .

لقد كنا نعتبر أن الحدثين الآنيين^(١) هما الحدثان اللذان يتبان في مختبر في آن واحد . غير أن التجربة قد أدت بنا إلى نتيجة أخرى ، فقد اتضح أن هذا صحيح فقط في حالة سكون المختبرين أحدهما بالنسبة للآخر ، فإن الحدثين الآنيين ، بأحدهما ، يجب أن يتبا في وقتين مختلفين في المختبر الآخر . إن مفهوم آنية الحدثين يصعب نسبياً ، ويكون ذا معنى فقط في تلك الحالة التي نبين فيها كيفية حركة المختبر الذي يراقب منه هذان الحدثان .

ولنتذكر المماثل المتعلق بمقدار الزوايا ، وهو المثال الذي تطرقنا إليه في صفحة ٧ . فكيف كان الأمر هناك ؟ لنفترض أن المسافة الزاوية بين النجمين تساوي صفراً في حالة مراقبتها من الأرض وذلك لوقوع النجمين على خط مستقيم واحد . ونحن لانواجه في حياتنا اليومية أي تناقض مع هذا الزعم وذلك إذا اعتبرنا هذا الزعم مطلقاً . غير أن الأمر يتغير إذا ما تركنا حدود مجموعتنا الشمسية وراقبنا نفس النجمين من أية نقطة أخرى في الفضاء ففي هذه الحالة فإن المسافة الزاوية لا تساوى صفراً ، بل مقدارا آخر .

إن هذه الحقيقة الواضحة لإنسان عصرنا هذا ، والتي تقول بأن النجمين اللذين ينطبقان عند مراقبتها من الأرض ، يمكن ألا ينطبقا عند مراقبتها من أية نقاط أخرى في الفضاء ، كانت تبدو غير معقولة لإنسان القرون الوسطى الذي كان يتصور السماء بشكل قبة ترصعها النجوم .

ولنفترض أنه طرح علينا السؤال التالي : هل يمكننا في الواقع اعتبار الحدثين آنيين أم لا إذا ما غرضنا النظر عن المختبرات بوجه عام ؟ إن هذا السؤال ، للأسف ، لا يحتوي على معنى أكبر مما يحتوي عليه السؤال التالي : إذا ما تجاهلنا

(١) هما الحدثان اللذان يتبان في آن واحد .

النقاط التي تجري المراقبة منها ، فهل يقع النجمان ، في الواقع ، على خط مستقيم واحد أم لا ؟ ان جوهر الأمر هنا ان الوقوع على خط مستقيم واحد لا يتوقف على حالة النجمين فحسب ، بل وكذلك على النقطة التي تجري مراقبتنا منها . وينطبق نفس الشيء على آنية الحدثين التي لا تتوقف على الحدثين وحسب ، بل وكذلك على المختبر ، الذي تتم منه مراقبة هذين الحدثين .

لقد التيقنا حتى الآن بسرعات صغيرة بالمقاومة مع سرعة الضوء ، لذلك فاننا لم نستطع اكتشاف نسبية مفهوم الآنية . أما إذا ما تطرقنا الى دراسة الحركة ذات السرعات التي يمكن مقارنتها بسرعة الضوء ، فاننا نضطر إلى إعادة النظر في مفهوم الآنية .

وبنفس هذه الطريقة تماماً فقد اضطر الناس الى إعادة النظر في مفهومي الـ «أعلى» والـ «أسفل» عندما أخذوا في السفر مسافات يمكن مقارنتها بأبعاد الأرض . إما قبل ذلك فإن تصور شكل الأرض المسطح لم يكن يؤدي الى أي تناقض مع التجربة .

والحقيقة فاننا لا نستطيع الحركة بسرعات تقرب من سرعة الضوء ، ولذلك فلا يمكننا أن نراقب ، بتجربتنا الذاتية ، الوقائع المتناقضة من وجهة نظر التصورات القديمة ، تلك الوقائع المتناقضة من وجهة نظر التصورات القديمة ، تلك الوقائع التي تحدثنا عنها قوا . ولكنه يمكننا بفضل التكنيك الحديث في إجراء التجارب الفيزيائية ان نؤكد ، ببلء الثقة ، هذه الوقائع في عديد من الظواهر الفيزيائية .

، إذ فقد لقي الزمن مصير القضاء ، واتضح أن عبارة «في آن واحد» مجردة من المعنى تماماً كما هو الأمر مع عبارة «في نفس المكان» .

إن الفترة الزمنية بين الحدثين تماماً كالمسافة الفراغية بينها ، تتطلب الإشارة إلى المعتر الذي تتم منه مراقبة الحدثين .

العلم ينتصر

إن اكتشاف واقع نسبية الزمن ، هو عبارة تحول عميق في تصورات الإنسان للطبيعة . وهو من أهم اقتضارات العقل الانساني على جمود التصورات التي نشأت طيلة قرون . ويمكن ان نقارن هذا الاكتشاف بانقلاب التصورات الانسانية المتعلقة باكتشاف واقع كروية الأرض .

وقد أثبت نسبية الزمن في عام ١٩٠٥ العالم الفيزيائي الكبير آلبرت آينشتاين الذي يعتبر أعظم علماء القرن العشرين قاطبة . وقد رفع هذا الاكتشاف آينشتاين ، الذي كان يبلغ الخامسة والعشرين من عمره ، الى صفوف عمالقة الفكر الانساني ، فهو الان يقف على نفس المستوى الذي يقف عليه كل من كوبرنيكس ونيوتن اذ شق طرقا جديدة في العلم .

وكان لينين يعتبر آلبرت آينشتاين واحد من «أكبر العلماء الذين طوروا العلوم الطبيعية» .

إن نظرية نسبية الزمن والنتائج الناشئة عنها ، تسمى كالمادة بنظرية النسبية . ولا يجب أن نخلط بينها وبين مبدأ نسبية الحركة .

للمرعة حدود

كانت الطائرات تخلق ، قبل الحرب العالمية الثانية ، بسرعات تقبل عن سرعة الصوت ان الموجات اللاسلكية تنتشر بسرعة الضوء . افلا يمكن ان

نطرح أمامنا مهمة انشاء تلفراف تفوق سرعته سرعة الضوء بغية ارسال الاشارات بسرعة تزيد عن سرعة الضوء ؟ من الواضح ان هذا الأمر مستحيل التحقيق .

وفي الواقع فلو كان باستطاعتنا أن نرسل الاشارات بسرعة لا نهائية ، لكان بإمكاننا أن نحقق آنية الحدثين بصورة مطلقة ولاستطعنا أن نقول أن هذين الحدثين قد وقعا في آن واحد ، وذلك إذا كانت الاشارة ذات السرعة اللانهائية عن الحدث الأول قد وصلت في آن واحد مع الاشارة التي تعني الحدث الثاني ، وفي هذه الحالة ستصبح آنية الحدثين سمات مطلقة لا تتوقف على حركة المختبر الذي تجري المراقبة منه .

ومكذا فإننا نستنتج ان إرسال الاشارات لا يمكن ان يتم في لمح البصر ، ذلك لأن التجربة تدحض مطلقة الزمن . أن سرعة الارسال من نقطة في الفضاء إلى نقطة اخرى ، لا يمكن ان تكون لا نهائية ، أو بمعنى آخر لا يمكنها أن تزيد على بعض الأرقام المحدودة التي تسمى بالحد الأقصى للسرعة .

إن هذا الحد الأقصى للسرعة يعادل سرعة الضوء .

وفي الواقع ، فموجب مبدأ نسبية الحركة ، فان قوانين الطبيعة يجب أن تكون واحدة في جميع المختبرات ، المتحركة بعضها بالنسبة للآخر (بسرعة منتظمة في خط مستقيم) . وان التقرير بأنه لا يمكن أن تزيد السرعة عن حد معين هو قانون طبيعي . ولذا فإن الحد الأقصى للسرعة يجب أن يكون متساوياً تماماً في مختلف المختبرات ، وكما نعرف فإن لسرعة الضوء نفس هذه الخواص .

وإذا فإن سرعة الضوء ليست مجرد سرعة انتشار ظاهرة طبيعية ما ، بل انها تلعب دوراً هاماً كحد اقصى للسرعة .

ان اكتشاف وجود الحد الأقصى للسرعة في العالم هو من أهم انتصارات الفكر الانساني وامكانيات الانسان التجريبية .

ان أيا من فيزيائي القرن الماضي لم يكن يستطيع إدراك ان هناك حدا أقصى للسرعة في العالم ، وانه يمكن اثبات حقيقة وجودها . وبالإضافة إلى هذا فحتى إذا اصطدم ، اثناء تجاربه ، بوجود حد أقصى للسرعة في الطبيعة ، فإنه لم يكن يستطيع الا الوثوق بأن هذا هو قانون الطبيعة وليس نتيجة تحديد في الامكانيات التجريبية يمكن إزالته بتطور التكنيك .

إن مبدأ النسبية يظهر أن وجود حد أقصى للسرعة يمكن في طبيعة الأشياء نفسها ، وإن الظن بأن تقدم التكنيك سيكون من بلوغ سرعات تزيد على سرعة الضوء ، امر مضحك تماماً كما لو ظننا بأن عدم وجود نقاط تبعد احداها عن الأخرى مسافة تزيد على ٢٠.٠٠٠ كيلومتر على سطح الأرض ، ليس بقانون جغرافي بل هو عبارة عن ضعف معلوماتنا ، وكما لو أملنا بأننا نستطيع بدي تطور الجغرافيا أن نجد نقاطاً تبعد بعضها عن بعض على سطح الأرض أكثر من ذلك بكثير .

ان لسرعة الضوء أهمية منقطعة النظير في الطبيعة ، وذلك لأنها هي الحد الأقصى للسرعة التي يمكن أن تنتشر بها كل الأشياء قاطبة . ان الضوء أما ان اية ظاهرة أخرى ، أو على الأقل فإنه يصل معها في آن واحد .

ولو حدث أن انقسمت الشمس إلى قسمين ، وتكون نجم مزدوج ، لتغيرت حركة الأرض بطبيعة الحال

إن العالم الفيزيائي في القرن الماضي الذي لم يكن يعرف شيئاً عن وجود حد أقصى للسرعة في الطبيعة ، كان يفترض ولا بد أن تغير حركة الأرض يجب أن يحدث فور انقسام الشمس . بيد أن الضوء سيتطلب ثباتي دقائق للوصول من الشمس المنقسمة إلى الأرض .

وفي الواقع فإن تغير حركة الأرض سيبدأ ، كذلك ، بعد مضي ٨ دقائق

أثر انقسام الشمس . اما قبل هذه اللحظة فإن الأرض تستمر في حركتها كما لو أن الشمس لم تنقسم . وعلى وجه العموم فلا يمكن لأي حدث يحدث بالشمس أو عليها أن يؤثر أي تأثير على الأرض وحركتها قبل انقضاء هذه الدقائق الثماني .

وبالطبع فان السرعة المحدودة لانتشار الاشارات لا تحرمنا من امكانية اثبات آنية حدثين ما . ولهذا الغرض فيجب أن نأخذ بعين الاعتبار الفترة الزمنية التي تتأخر بها الاشارة ، وهو ما نفعله عادة .

غير ان مثل هذه الطريقة لاثبات آنية حدثين لتتفق تماماً ونسبية هذا المفهوم . في الواقع فلطرح مقدار التأخر الزمني ، يجب علينا تقسيم المسافة بين المكانين اللذين وقع الحدثان فيها على سرعة انتشار الاشارة . ومن جهة اخرى فقد رأينا ، عند دراسة مسألة ارسال الخطابات من القطار السريع موسكو - فلاديفوستوك ، إن نفس مفهوم المكان في الفضاء هو مفهوم نسبي إلى حد كبير .

قبل او بعد

لنفترض ان قطارنا المزود بالمصباح المضاء ، والذي ندعوه بقطار أينشتاين ، قد تعطلت فيه الاجهزة الآلية لفتح الأبواب . وحظ المسافرون في القطار أن أبواب العربية الأولى قد فتحت قبل أبواب العربية الأخيرة بخمس عشرة ثانية . أما الواقفون على رصيف المحطة فيسيرون بالعكس ، إن أبواب العربية الأخيرة قد فتحت قبل أبواب العربية الأولى بـ $40 - 10 = 30$ ثانية . وهكذا فلإن الأمر الذي تم مسبقاً بالنسبة لمختبرها يمكن ان يتم متأخراً بالنسبة لمختبر آخر .

وهنا تنشأ ، مباشرة ، فكرة ان نسبية مفهوم « قبل وبعد » يجب أن تكون لها حدودها . ومن الصعب أن يفترض المرء (مهما كان المختبر) إن الطفل يمكن ان يولد قبل أمه .

لقد ظهرت على الشمس بقعة . وبعد ثماني دقائق لاحظها عالم فلكي يراقب الشمس بواسطة منظار . وكل ما سيفعله العالم الفلكي بعد هذا ، سيكون أكثر تأخراً على الإطلاق من ظهور البقعة - أي أكثر تأخراً مما كان عليه المختبر الذي يراقب بقعة الشمس ، والعالم الفلكي . وبالعكس فكل ما حدث للعالم الفلكي قبل ظهور البقعة بثماني دقائق (لكي تصل إشارة الضوء عن هذا الحدث إلى الشمس قبل ظهور البقعة) قد حدث أكثر تبكيراً على الإطلاق من ظهور البقعة .

وإذا ما لبس العالم الفلكي نظارته في الفترة الزمنية الواقعة بين هذين الحدثين فإن التناسب الزمني بين ظهور البقعة وارتداء النظارة من قبل العالم الفلكي لن يكون مطلقاً .

ويمكننا مثلاً ان نتحرك ، بالنسبة لكل من العالم الفلكي والبقعة ، بحيث نرى العالم الفلكي الذي يلبس نظارته قبل او بعد او في آن واحد مع ظهور البقعة : ويعتمد ذلك من سرعة حركتنا واتجاهها .

وهكذا فان مبدأ النسبية يبين ان التناسب الزمني بين الحوادث يمكن ان يكون احد انواع ثلاثة : أكثر تبكيراً على الإطلاق ، أكثر تأخراً على الإطلاق و « لا قبل ولا بعد » ، ويعني أدق « قبل او بعد » ويتوقف ذلك على المختبر الذي تجري منه مراقبة هذه الحوادث .

الباب الخامس

الساعات والمساطر متقلبة

هنا نحن نستقل القطار من جديد

أمامنا سكة حديدية طويلة يسير عليها قطار آينشتاين ، وهناك محطتان تبعد احدهما عن الاخرى ٨٦٤ ٠٠٠ ٠٠٠ كيلو متر . ان قطار آينشتاين بحاجة الى ساعة واحدة لاجتياز هذه المسافة اذا كانت سرعته تعادل ٢٤٠ ٠٠٠ كيلو متر في الثانية .

نفرض أنه توجد بكل محطة ساعة . ولقد استقل سائح عربية من عربات هذا القطار في المحطة الاولى ، وضبط ساعته على ساعة المحطة قبيل انطلاق القطار . فما ان وصل الى المحطة الثانية حق لاحظ ، دهشاً ، ان ساعته قد تأخرت .

وكانوا قد أكدوا للسائح ، في ورشة تصليح الساعات ، أن ساعته كانت مضبوطة على الاطلاق .

فما هو الامر ؟

لتوضيح الامر ، فلنتصور أن المسافر يواجه شعاع ضوء ، من مصباحه اليدوي الموضوع على أرض العرببة ، الى السقف حيث توجد مرآة يقع عليها الشعاع فتعكسه ، بدورها ، على المصباح . أما بالنسبة للمراقب

الموجود على الرصيف ، فإنه يرى المصباح اليدوي الى المرأة ، فان مكانها سيتغير من جراء حركة القطار . وفي الوقت الذي سينعكس فيه الشعاع ، فان موضع المصباح سيتغير بنفس المسافة .

وهكذا فإتينا نجد أن الضوء - بالنسبة للمراقبين على الرصيف - قد اجتاز مسافة اكبر ، مما هو بالنسبة للمراقبين في القطار . هذا من جهة ، ومن جهة اخرى فإننا نعرف أن سرعة الضوء هي سرعة مطلقة ، متساوية بالنسبة لمستقلي القطار والواقفين على الرصيف على حد سواء ، الامر الذي يحملنا على التوصل الى الاستنتاج التالي : لقد انقضى - في المحطة - زمن أطول بين لحظة ارسال شعاع الضوء ولحظة عودته ، مما هو الامر عليه في القطار !

وليس من الصعب حساب نسبة الزمنين .

فلنفرض أنه قد اتضح للمراقب الموجود على الرصيف ، أنه قد انقضت عشر ثوان منذ لحظة ارسال الشعاع حتى عودته . وفي خلال هذه الثواني العشر فان الضوء يكون قد اجتاز مسافة $300.000 \times 10 = 3.000.000$ كيلو متر . ومن هذا ينتج أن الضلعين ا ب ، ب ح يؤلف كيلو متر . وان الضلع ا ح يساوي ، الطريق الذي اجتازه القطار خلال عشر ثوان ، أي $240.000 \times 10 = 2.400.000$ كيلو متر .

وليس من الصعب الان تعيين ارتفاع عربة القطار والذي هو عبارة عن الارتفاع ب د في المثلث ا ب ح .

ولنتذكر أن مربع الوتر (ا ب) في المثلث القائم الزاوية يساوي مجموع مربعي ضلعي القائمة (ا د ، ب د) . وهكذا فيمكننا أن نحصل من المعادلة
$$اب^2 = اد^2 + بد^2$$
 على ان ارتفاع عربة القطار هو $بد = \sqrt{اب^2 - اد^2} = \sqrt{9.000.000 - 5.760.000} = 1.800.000$ كيلو

متر . ياله من ارتفاع هائل . غير أن هذا ليس بالشيء المستغرب اذا ما أخذنا بعين الاعتبار ضخامة قطار آينشتاين الفلكية .

ان الطريق الذي اجتازه الشعاع ، من الارض الى سقف عربة القطار ، ذهاباً واياباً ، يعادل بالنسبة للمسافر ضعف الارتفاع ، أي $2 \times 900.000 = 1.800.000$ كيلو متر . ولاجتياز هذا الطريق يحتاج شعاع الضوء الى $\frac{1.800.000}{300.000} = 6$ ثوان .

الساعة تتأخر بصفة مستديمة

واذا فعندما مضت ١٩ ثوان من الوقت على المحطة ، انقضت في القطار ٦ ثوان فقط . وهكذا فاذا وصل القطار ، حسب ساعة المحطة ، بعد ساعة من انطلاقه . فإنه حسب ساعة المسافر يصل بعد فترة زمينة قدرها $60 \times \frac{1}{36} = 1.66$ دقيقة من انطلاقه . وبعبارة اخرى فإن ساعة المسافر تأخرت عن ساعة المحطة ، خلال ساعة واحدة ، بأربع وعشرين دقيقة .

وليس من الصعب أدراك تأخر الساعات سيزداد كلما ازدادت سرعة القطار .

والحقيقة فكما اقتربت سرعة القطار من سرعة الضوء ، كلما اقترب ضلع القائمة ا د ، الذي يمثل الطريق الذي اجتازه القطار ، إلى وتر الزاوية القائمة ا ب الذي يمثل الطريق الذي اجتازه الضوء خلال نفس الوقت . ونتيجة لذلك فستقل النسبة بين طول ضلع القائمة ب د والوتر ا ب . ولكن هذه النسبة هي عبارة عن نسبة الفترة الزمنية في القطار إلى الفترة الزمنية في المحطة . فكما عملنا على تقريب سرعة القطار من سرعة الضوء ، يمكننا خلال ساعة زمينة من ساعات المحطة الحصول على فترة زمينة متناهية في الصغر في القطار ، وهكذا فإذا ما كانت سرعة القطار تعادل ٩٩٩٩ ر . من سرعة الضوء ،

فستقضي في القطار دقيقة واحدة فقط بالنسبة لتوقيت المحطة !
 وإذا ، فإن كل الساعات المتحركة تتأخر عن الساعات الساكنة . أفلا
 تناقض هذه النتيجة مبدأ نسبية الحركة الذي كنا نركز عليه ؟
 أفلا يعني هذا أن الساعات التي تسير أسرع من جميع الساعات الأخرى ، هي
 في حالة سكون مطلق ؟

كلا لأن مقارنة الساعات في القطار مع ساعات المحطة قد تمت في ظروف
 غير متساوية على الإطلاق . فقد كانت هناك لا ساعتان بل ثلاث ساعات ! وكان
 الراكب يقارن ساعته بساعتين مختلفتين في محطتين مختلفتين . وبالعكس فلو
 كنتم هناك ساعتان في عربتي القطار الأولى والأخيرة فإن المراقب في إحدى
 المحطتين إذا يقارن عقارب ساعة المحطة بعقارب الساعتين في نوافذ القطار الذي
 يمر به ، سيكتشف أن ساعة المحطة تتأخر بصفة مستديمة .

وفي هذه الحالة يحق لنا أن نعتبر القطار ساكنا والمحطة متحركة ، خلال
 حركة القطار حركة منتظمة في خط مستقيم بالنسبة للمحطة . اذ يجب أن
 تتساوى جميع قوانين الطبيعة في المحطة وفي القطار .

إن كل مراقب ثابت بالنسبة لساعته ، سيري أن الساعات الأخرى المتحركة
 بالنسبة له تسرع وتتسابق إلى أمام كلما ازدادت سرعة حركتها .

وهذه الحالة مشابهة لتلك الحالة التي أصبح يؤكد فيها كل من المراقبين
 الواقفين عند عمودي تلفراف ، أن عموده يرى بزاوية أكبر من عموده المراقب
 الآخر .

آلة الزمن

فلنتصور الآن أن قطار آينشتاين يتحرك لا في طريق مستقيم ، بل على
 سكة حديدية مستديرة ، عائدأ بعد مضي وقت معين إلى محطة الانطلاق لقد

اتضح لنا أن الراكب سيكتشف ، في هذه الحالة ، أن ساعته تتأخر ، وهي تزداد تأخراً كلما ازدادت سرعة حركة القطار . فعند ازدياد سرعة قطار آينشتاين السائر على السكة الحديدية المستديرة ، يمكننا أن نستنتج أنه عندما يمضي يوم واحد بالنسبة للمسافر فإنه تقضي عدة سنوات بالنسبة لناظر المحطة . وعندما سيعود مسافرنا (حسب ساعته !) بعد يوم إلى بيته في محطة الانطلاق على السكة الحديدية المستديرة ، فسيفاجأ بأن جميع أقاربه ومعارفه قد قفوا نحبه منذ زمن طويل .

وخلافا للسفر بين محطتين ، عندما كان المسافر يضبط ساعته على ساعات مختلفة ، فهنا في حالة الطريق المستدير - يقوم المسافر بمقارنة عقارب ساعتين فقط لا ثلاث ساعات : هاتان الساعتان هما ساعة القطار وساعة محطة الانطلاق.

أفلا يناقض هذا مبدأ النسبية ؟ وهل يمكننا اعتبار أن المسافر ساكن في حين تتحرك محطة الانطلاق في خط دائري بنفس سرعة قطار آينشتاين ؟ لو كان الأمر كذلك لوجدنا أنه سينقضي يوم واحد بالنسبة للموجودين في المحطة ، وسنوات عديدة بالنسبة للمسافرين . ولكن هذا التصور غير صحيح . وذلك للأسباب التالية :

لقد سبق أن وضعنا أنه يمكننا أن نعتبر الجسم ساكناً فقط في تلك الحالة عندما لا تؤثر عليه أية قوى . وفي الواقع فليست هناك حالة « ساكن » واحدة ، بل هناك عدد لا نهائي من هذه الحالات كما أن أي جسمين ساكنين يمكنهما أن يتحركا بسرعة منتظمة في خط مستقيم أحدهما بالنسبة للآخر . وتؤثر على الساعة الموجودة في قطار آينشتاين الذي يحوي على سكة حديدية دائرية ، قوة طاردة عن المركز ولذا فإنه لا يمكن بتاتا أن نعتبر هذه الساعة ساكنة . وفي هذه الحالة يكون الفرق بين ما تشير إليه ساعة المحطة الساكنة وساعة قطار آينشتاين ، فرقاً مطلقاً .

وإذا افترق رجلان يحملان ساعتين تشيران إلى نفس الوقت ثم تقابلا من

جديد بعد مضي فترة زمنية معينة فإن ساعة الرجل الساكن أو المتحرك بسرعة منتظمة في خط مستقيم تشير إلى مضي فترة زمنية أطول أو بمعنى آخر تشير الساعة التي لم تؤثر عليها أية قوى إلى مضي فترة زمنية أطول .

إن السفر بالسكة الحديدية الدائرية ، بسرعة تقرب من سرعة الضوء ، يعطينا إمكانية مبدئية لتحقيق « آلة الزمن » لويلز ، ولو إلى درجة محدودة ، فإذا ما خرجنا من القطار من جديد إلى محطة الانطلاق ، فسنجد أننا قد أصبحنا في المستقبل . وفي الواقع فإنه يمكننا أن نساfer بمثل آلة الزمن هذه إلى المستقبل غير أننا لا نستطيع العودة إلى الماضي وهذا هو الفارق الأساسي بين آلة الزمن هذه وآلة الزمن الذي ذكرها ويلز .

ومن المبعث حتى مجرد التفكير في أن تطور العلوم في المستقبل سيمكننا من السفر إلى الماضي ، وإلا فنسكون مضطرين في هذه الحالة إلى اعتبار بعض الأوضاع غير المعقولة ممكنة التحقيق مبدئياً . وفي الواقع فإذا ما سافرنا إلى الماضي ، فمن الممكن أن نجد أنفسنا في وضع مستحيل كوضع الإنسان ، الذي يرى النور في الوقت الذي لم يره فيها والداه بعد .

أما السفر إلى المستقبل فيحمل في طياته تناقضات ظاهرية فقط .

رحلة إلى النجم

وتوجد في السماء نجوم تبعد عنا مثلاً بمسافة ، يمكن أن يجتازها شعاع الضوء خلال ٤٠ سنة . وبما أننا نعلم أنه لا يمكن التحرك بسرعة تزيد عن سرعة الضوء إذاً فيمكننا أن نصل إلى النتيجة التالية : لا يمكننا أن نصل إلى مثل هذه النجوم في فترة زمنية تقل عن أربعين سنة . غير أن هذه النتيجة ، خاطئة ، ذلك لأننا لم نأخذ بعين الاعتبار تغير الزمن الناشئ عن الحركة .

نفرض أننا نظير إلى هذا النجم ، على متن صاروخ آينشتاين ، بسرعة قدرها ٢٤٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية . ويعني هذا أننا سنصل إلى النجم ، بالنسبة

$$\text{سكان الأرض ، بعد مضي } \frac{40 \times 300000}{240000} = 50 \text{ سنة .}$$

أما بالنسبة لنا نحن المسافرين في صاروخ آينشتاين فإن هذه الفترة الزمنية ستقل بنسبة ١٠ إلى ٦ إذا بلغت سرعة الصاروخ ٢٤٠٠٠٠ كم في الثانية . أي أننا سنصل إلى النجم بعد مضي $50 \frac{6}{10} = 30$ سنة فقط لا خمسين .

كلما ازداد اقتراب سرعة صاروخ آينشتاين من سرعة الضوء ، كلما أمكننا أن نختصر — كما نشاء — الفترة الزمنية التي يحتاجها المسافرون للوصول إلى مثل هذا النجم الموعول في البعد . ويمكننا نظرياً في حالة السفر بسرعة كبيرة إلى حد كافٍ أن نصل إلى هذا النجم وإن تعود منه إلى الأرض مرة أخرى في مدى فترة زمنية لا تتعدى دقيقة واحدة ! ورغم هذا فتكون قد انقضت على الأرض فترة زمنية قدرها ٨٠ سنة .

قد يخيل للمرء أن هذا الأمر يتيح الإمكانات لاطالة عمر الانسان . أما الحقيقة فهي أن ذلك يقتصر على مجرد وجهة نظر الناس الآخرين ، وذلك لأن الانسان يكبر سنًا وفقاً لوقته هو ، . غير أن الاحتمالات . للأسف تبدو ضئيلة جداً إذا ما أمعنا فيها النظر .

ولنبداً من واقع ان جسم الانسان لا يتحمل الإقامة لمدة طويلة تحت تأثير عجلة تزيد زيادة كبيرة عن عجلة الجاذبية الأرضية ، ولذا فلكي نصل إلى سرعة تقرب من سرعة الضوء فائنا نحتاج إلى فترة زمنية طويلة جداً . وتقودنا الحسابات الدقيقة إلى أننا نستطيع أن نوفر من الوقت شهراً ونصف فقط وذلك في ظروف السفر لمدة نصف عام بعجلة تساوي عجلة الجاذبية الأرضية . فإذا ما اطلنا مدة السفر ، فسيزداد ربح الوقت بسرعة كبيرة . فمثلاً إذا ما سافرنا على صاروخ لمدة سنة ، فإن باستطاعتنا ان نربح — اضافياً — سنة ونصف من الوقت . وإذا ما رحلنا سنتين فائنا سنربح ٢٨ سنة كذلك . اما خلال ثلاث سنوات من اقامتنا في الصاروخ ، فسينتضي في الأرض اكثر من ٣٦٠ سنة !

ان هذه الأرقام تبدو معزية إلى حد ما .

أما فيما يتعلق بالطاقة المستهلكة فان الأمر اسوأ . ذلك لأن الصاروخ المتحرك الذي وزن وزناً متواضعاً - طناً واحداً - يستهلك في حالة السفر بسرعة ٢٦٠.٠٠٠ كيلو متر في الثانية (هذه السرعة لازمة له مضاعفة الوقت ، أي لكي تنقضي سنتان على الأرض خلال كل سنة من السفر في الصاروخ) طاقة قدرها ٢٥٠.٠٠٠.٠٠٠.٠٠٠.٠٠٠ كيلو واط/ساعة . إن هذه الكمية من الطاقة تولد في الكرة الأرضية كلها خلال عدة سنوات .

غير اننا قد حسبنا فقط الطاقة التي يستهلكها الصاروخ خلال السفر ، ولم نأخذ بعين الاعتبار أنه يجب علينا مقدماً ان نصل بسرعة صاروخنا الى سرعة ٢٦٠.٠٠٠ كيلو متر في الثانية ! كما يجب علينا ، عند انتهاء السفر ، أن نفرمل الصاروخ كي يستطيع الهبوط على الأرض بسلام . فما مقدار الطاقة اللازمة لذلك ؟

حتى إذا كان لدينا من الوقود ما يكفي لتزويدنا ، بسيل متدفق من المحرك النفثات للصاروخ ، بأكبر سرعة ممكنة - اي بسرعة الضوء ، فإن هذه الطاقة يجب أن تزيد بمائتي مرة عن الكمية التي سبق حسابها . أي كان يجب علينا أن ننق من الطاقة ما تنتجه البشرية خلال عدة عشرات من السنين . أما السرعة الحقيقية للسيل المتدفق من محركات الصاروخ فانها تقل عشرات ألوف المرات عن سرعة الضوء ، الأمر الذي يجعل استهلاك الطاقة اللازمة لسفرنا التخيلي فادساً إلى حد كبير .

الأشياء تختصر

لقد اقتنعنا ، لتونا ، بأن الوقت قد خلع عن عرش المفهوم المطلق ، إذ أن له معنى نسبياً يتطلب إشارة دقيقة إلى الاختبرات التي يجري فيها القياس . ونعود الآن مرة أخرى إلى دراسة الفراغ . لقد اتضح لنا قبل وصف تجربة

مايكلسون أن الفضاء مفهوم نسبي . لكنه رغم نسبية الفضاء فإننا كنا نعتبر ان المقاييس الاجسام طابعا مطلقا . اي اننا كنا نعتبر أن هذه المقاييس من خصائص هذه الأجسام ، ولذا نتوقف على المختبر الذي تجري فيه المراقبة . غير أن نظرية النسبية تحملنا على نبذ هذا الاقتناع . ان هذا الاقتناع تماماً كتصورنا عن الزمن كفهوم مطلق هو مجرد رأي خاطيء سابق ناشىء عن اننا فواجه دائماً سرعات صغيرة جداً بالمقارنة بسرعة الضوء . ولنتصور ان قطار آينشتاين يمر برصيف محطة يبلغ من الطول ٢٤٠٠٠٠٠ كيلو متر .

فهل سيوافق على ذلك المسافرون في قطار آينشتاين ؟ سيقطع القطار المسافة ، من احد طرفي الرصيف الى الطرف الاخر ، حسب ما تشير اليه ساعة المحطة ، في مدى $\frac{2400000}{2400000} = 10$ ثوان غير ان لدى المسافرين ساعتهم ، التي سيجتاز القطار - بموجبها - المسافة الواقعة بين طرفي الرصيف في فترة زمنية اقل . اننا نعلم ان هذا الوقت يعادل ٦ ثوان فقط . نتيجة لذلك فإن للمسافرين كل الحق في استنتاج ان طول الرصيف ليس ٢٤٠٠٠٠٠ كيلو متر بل $6 \times 2400000 = 14400000$ كيلو متر .

واذاً فإننا نرى ان طول الرصيف ، من وجهة نظر المختبر الساكن بالنسبة للرصيف اكبر مما هو الامر من وجهة نظر المختبر الذي يتحرك الرصيف بالنسبة له . ان كل جسم متحرك يختصر في اتجاه حركته .

غير ان هذا الاختصار لا يدل ابداً على مطلقة الحركة : ويكفي ان نكون في موضع المختبر الثابت بالنسبة للجسم ، حتى يزداد الجسم طولاً من جديد . ويحدث نفس الشيء مع المسافرين الذين سيجدون ان الرصيف قد اختصر . اما الواقفون على الرصيف فسيبدو لهم ان قطار آينشتاين قد اختصر (بنسبة ٦:١٠) .

ان هذا لن يكون مجرد خداع بصر . بل ان كل الاجهزة التي يمكن

استخدامها لقياس طول الاجسام ، ستدل على نفس الشيء .

وما دمنّا قد علمنا ان الاشياء تختصر ، فيجب علينا ان نجري تعديلا على تصوراتنا التي سبق ان اشرنا اليها سابقا والتي تتعلق بوقت فتح الابواب في قطار آينشتاين . فعندما كنا نحسب لحظة فتح الابواب ، من وجهة نظر المراقبين على رصيف المحطة ، كنا نعتبر ان طول القطار المتحرك لن يختلف عن طول القطار الثابت . بيد ان طول القطار قد اختصر بالنسبة للواقفين على الرصيف كما رأينا . ووفقا لهذا فان الفترة الحقيقية بين فتح الابواب ستعادل من وجهة نظر ساعة المحطة بالفعل لا ٤٠ ثانية بل $\frac{40}{\gamma} = 24$ ثانية فقط .

وبالنسبة للاستنتاجات التي توصلنا اليها من قبل ، فانه ليست لهذا التعديل اية اهمية .

السرعات تتقلب

بأية سرعة يسير المسافر بالنسبة للسكة الحديدية ، اذا ما مشى الى رأس القطار بسرعة ٥ كيلو مترات في الساعة وكان القطار منطلقا بسرعة ٥٠ كيلو متراً في الساعة ؟ من الواضح ان سرعة الانسان بالنسبة للسكة الحديدية تساوي $50 = 5 + 50$ كيلو متراً في الساعة . ان هذا التصور قائم على قانون جمع السرعات وليس لدينا اي شك في صحة هذا القانون . وفي الواقع ، سيجتاز القطار خلال ساعة واحدة ٥٠ كيلو متراً ، وسيجتاز الانسان في القطار خمسة كيلو مترات اخرى . فالجموع ٥٥ كيلو متراً وهي المسافة التي سبق ان ذكرناها .

وانه لشيء مفهوم تماماً ان وجود حد اقصى للسرعة في العالم يحرم قانون جمع السرعات من الامكانية العامة لاستخدامه فيما يتعلق بالسرعة الكبيرة والصغيرة . فاذا كان المسافر يتحرك في قطار آينشتاين بسرعة ١٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية مثلاً ، فان سرعة المسافر لا يمكن ان تساوي بالنسبة للسكة الحديدية $240.000 + 100.000 = 340.000$ كيلو متر في الثانية ، لان هذه

السرعة تزيد عن سرعة الضوء التي هي الحد الاعلى للسرعات ، ولذا فان وجودها في الطبيعة امر مستحيل .

واذا فيتضح ان قانون جمع السرعات الذي نستخدمه في حياتنا الاعتيادية ، غير دقيق . انه عادل وصحيح فقط بالنسبة للسرعات التي تقل كثيراً عن الضوء .

ان القارئ المعتاد على جميع المفاجآت الموجودة في النظرية النسبية ، سيدرك بسهولة اسباب عدم تقبل التصور الذي قد يبدو واضحاً ، والذي استنتجنا لتونا بموجبه قانون جمع السرعات . ولهذا الفرض فقد جمعنا المسافة التي اجتازها القطار خلال ساعة واحدة بالنسبة للسكة الحديدية ، مع المسافة التي اجتازها المسافر في القطار .

ومن كل ذلك ينتج ان السرعتين اللتين يمكن مقارنة احدهما على الاقل بسرعة الضوء لا يمكن جمعها بالطريقة التي اعتدنا على استخدامها . ويمكن بالتجربة رؤية تناقض هذا الجمع للسرعات وذلك بان نراقب مثلاً انتشار الضوء في الماء المتحرك (كما سبق ان ذكرنا) . اما واقع ان سرعة انتشار الضوء في الماء المتحرك لا تساوي مجموع سرعة الضوء في الماء الثابت وسرعة حركة الماء ، بل هي اقل من هذا المجموع ، فانما هو نتيجة مباشرة لنظرية النسبية .

وتنبغي الاشارة الى ان هناك طرافة فريدة في حالة جمع السرعتين ، اذا كانت احدهما تساوي ٣٠٠ ٠٠٠ كيلومتر في الثانية بالضبط . فهذه السرعة ، كما نعرف ، تمتاز بخاصية البقاء بدون تتغير مهما تحركت المختبرات التي نقوم بالمراقبة منها ، او بالاحرى فمهما كانت السرعة التي سنضيفها الى سرعة ٣٠٠ ٠٠٠ كيلومتر في الثانية ، فستوصل ولا بد الى نفس السرعة - ٣٠٠ ٠٠٠ كيلومتر في الثانية .

ان عدم امكانية استخدام القاعدة الاعتيادية لجمع السرعتين يمكن ان يقارن

بوضع اخر بسيط هو الوضع التالي :

من المعروف ان مجموع زوايا المثلث المستوى ابح يعادل زاويتين قائمتين .
لنتصور الآن ان المثلث مرسوم على سطح الارض ، نظرا لكروية الارض فان
مجموع زوايا هذا المثلث سيكون اكبر من مجموع الزاويتين القائمتين . وسيصبح
هذا الفرق ملحوظاً فقط في الحالة التي يمكن فيها المقارنة بين مقاييس المثلث
ومقاييس الارض .

واذاً يمكننا ان نستخدم القاعدة الاعتيادية لجمع السرعات في حالة
السرعات الصغيرة ، تماماً كما يمكننا استخدام قواعد قياس المساحات لقياس
المساحات غير الكبيرة من الارض .

الباب السادس

الشغل يغير الكتلة

الكتلة

لنفرض أننا نريد أن نؤثر على جسم ساكن لكي يتحرك بسرعة معينة . لذلك يجب ان نؤثر على هذا الجسم بقوة ما . ففي هذه الحالة إذا لم تؤثر على هذا الجسم اية قوة خارجية تعمق حركته كقوة الاحتكاك مثلا ، فان الجسم سيتحرك بسرعة تزايد تدريجياً . وبعد مضي فترة معينة من الزمن يصبح بوسعنا زيادة سرعة الجسم إلى المقدار الذي نريده . وفي هذه الحالة فإننا نجد أنه لا كساب الأجسام المختلفة سرعة معينة واحدة تحت تأثير القوة المعطاة تتطلب فترات زمنية مختلفة .

ولكي يمكننا اجمال الاحتكاك فلنتصور أنه لدينا كرتان متساويتان في الحجم وموضوعتان في الفضاء الكوني ، احدهما من الرصاص والاخرى من الخشب . وسنقوم بشد كل من هاتين الكرتين بقوة متساوية ، إلى أن تكتسبا سرعة تعادل عشرة كيلومترات في الساعة مثلا .

وبدهي فان الحصول على هذه النتيجة ، سيتطلب التأثير بالقوة المعطاة لفترة زمنية اطول بالنسبة للكرة الرصاصية مما يستغرقه تأثير نفس القوة على الكرة الخشبية . ويقال في هذه الحالة ان للكرة الرصاصية كتلة اكبر مما للكرة الخشبية . وما دامت السرعة تزايد عند تأثير قوة ثابتة على الجسم بازدياد الفترة الزمنية لتأثير القوة ، فإننا نعتبر ان مقياس الكتلة هو عبارة عن النسبة بين الفترة الزمنية

اللازمة للوصول إلى السرعة المعطاة ، ابتداء من حالة السكون وبين السرعة المذكورة. إن الكتلة تتناسب مع هذه النسبة ، مع ملاحظة أن معامل التناسب يتوقف على مقدار القوة التي تكسب الجسم حركته .

الكتلة تزايد

ونعتبر الكتلة من أهم خواص الجسم . ولقد الفنا ان كتلة الاجسام لا تتغير على الإطلاق ، وانها لا تعتمد على السرعة . وهذا ناتج عن التأكيد الذي ذكرناه في البداية والقائل أن السرعة تتناسب في حالة تأثير قوة ثابتة على الجسم تناسباً طردياً مع الفترة الزمنية لتأثير هذه القوة .

ان هذا التأكيد من جانبنا مبني على القاعدة المعتادة لجمع السرعات . غير أننا قد اثبتنا ، لتونا ، انه لا يمكن استخدام هذه القاعدة في جميع الحالات .

فماذا نفعل للتوصل الى السرعة المطلوبة في نهاية الثانية الثانية من بدء تأثير القوة ؟ اننا نجمع السرعة التي اكتسبها الجسم في نهاية الثانية الأولى مع السرعة التي اكتسبها خلال الثانية الثانية ونقوم بذلك طبقاً للقاعدة المعتادة لجمع السرعات .

ويمكننا ان نقوم بذلك ما دامت السرعة المكتسبة لم تبلغ حد مقارنتها بسرعة الضوء . ففي هذه الحالة لا يمكن استخدام هذه القاعدة القديمة . فاذا ما جمعنا سرعتين آخذين بعين الاعتبار نظرية النسبية ، فلا بد لنا من التوصل إلى نتيجة تكون دائماً أقل من النتيجة التي نحصل عليها لو استخدمنا قاعدة الجمع القديمة ، التي لا تصلح في هذه الحالة . ومعنى هذا أنه في حالة بلوغ السرعة قدراً أكبر فانها لن تزداد بازدياد الفترة الزمنية لتأثير القوة على الجسم ، بل ستزداد أبطأ . وهذا أمر مفهوم لأن هناك حداً أقصى للسرعة .

وكما اقتربت سرعة الجسم من سرعة الضوء ، فانها تزداد أبطأ فأبطأ ، عند تأثير القوة الثابتة عليها . ذلك لأنه لا يمكن تعدي الحد الأقصى للسرعة . حتى ذلك الحين ، عندما كان في إمكاننا التأكيد بأن سرعة الجسم تزايد

بازدياد الفترة الزمنية لتأثير القوة على الجسم فقد كان في وسعنا اعتبار أن الكتلة لا تعتمد على مقدار سرعة الجسم ولكن عندما تبلغ سرعة الجسم قدراً يمكن مقارنته بسرعة الضوء فإن تناسب بين الفترة الزمنية وسرعة الجسم يتلاشى وتبدأ الكتلة في هذه الحالة في الاعتماد على السرعة . ولما كان زمن العجلة يتزايد بلا حدود في حين أن السرعة لا يمكن أن تتعدى حداً معيناً ، فإننا نرى أن الكتلة تتزايد بازدياد السرعة حتى تبلغ مقداراً لا نهائياً عندما تساوي سرعة الجسم سرعة الضوء .

وتؤكد الحسابات أنه أثناء الحركة تتزايد كتلة الجسم بنفس القدر الذي يتناقص به طوله أثناء هذه الحركة . إذاً فإن كتلة قطار آينشتاين الذي يتحرك بسرعة ٢٤٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية تزيد بـ $\frac{1}{4}$ مرة عن كتلة القطار الساكن .

وبدیهي أنه في حالة السرعات المعتادة الصغيرة بالمقارنة بسرعة الضوء ، فبوسعنا أن نهمل تغير الكتلة تماماً كما يمكننا إهمال ارتباط أبعاد الجسم بسرعه أو إهمال ارتباط الفترة الزمنية بين حدثين بالسرعة التي يتحرك بها مراقبو هذين الحدثين .

إننا نستطيع أن نتأكد من صحة اعتماد الكتلة على السرعة ، وهو الاعتماد الناتج عن النظرية النسبية ، من التجربة المباشرة ، عندما نراقب حركة الالكترونات السريعة .

ففي الظروف التجريبية الحديثة ، فإن الالكترونات المتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء ، ليس بالشئ النادر ، بل هو ظاهرة اعتيادية . وهناك أجهزة خاصة لزيادة سرعة الالكترونات تزود فيها الالكترونات بسرعة تنقص عن سرعة الضوء بأقل من ٣٠ كيلومتراً في الثانية .

وإذاً فإن الفيزياء الحديثة قادرة على مقارنة كتلة الالكترونات المتحركة بسرعة هائلة ، بكتلة الالكترونات الساكنة . ولقد اكدت نتائج التجارب اعتماد الكتلة على السرعة ، وهو الأمر الذي يتفق ومبدأ نظرية النسبية .

ما نحن الجرام من الضوء

ان تغير كتلة الجسم مرتبط كل الارتباط بالشغل المبذول عليه : ويتناسب هذا التغير تناسباً طردياً مع مقدار الشغل اللازم لاكتساب الجسم حركته . وليست هناك حاجة ، في هذه الحالة ، لبذل شغل لمجرد إكساب الجسم حركته . فان كل شغل يبذل على الجسم وكل ازدياد في طاقته يزيد كتلته . ولهذا فان الجسم الساخن له كتلة أكبر من الجسم البارد ، كما أن للزنبرك المضغوط كتلة أكبر من الزنبرك الحر . في الحقيقة فان معامل التناسب بين تغير الكتلة وتغير الطاقة صغير جداً : ولكي تزيد كتلة الجسم جراماً واحداً يجب ان تزوده بطاقة تبلغ ٢٥ مليون كيلوواط ساعة . ولذلك فان تغير كتلة الجسم في الظروف الاعتيادية ضئيل جداً ولا يمكن ملاحظته حتى بالأجهزة الدقيقة . فمثلاً تسخين طن من الماء ، من درجة الصفر حتى درجة الغليان ، سيؤدي الى زيادة كتلة الماء بما يقارب خمسة أجزاء من المليون من الجرام .

وإذا ما أحرقنا طناً من الفحم في فرن مفلق ، فستكون لنواتج الاحتراق ، بعد تبريدها ، كتلة تقل بواحد من ثلاثة آلاف من الجرام عن كتلة الفحم والأكسجين التي تكونت منها . اما نقص الكتلة هذا فيرجع الى الحرارة التي فقدت اثناء احتراق الفحم .

غير ان الفيزياء الحديثة تعرف ظواهر يلعب فيها تغير كتلة الجسم دوراً كبيراً . منها مثلاً الظاهرة التي تحدث عند اصطدام النويات الذرية ، أي الظاهرة التي تتكون خلالها نويات جديدة من النويات الموجودة . فمثلاً عند اصطدام نواة ذرة الليثيوم بنواة ذرة الهيدروجين تتكون ذرتان من الهيليوم ، وعند ذلك تتغير الكتلة بـ $\frac{1}{400}$ من مقدارها الابتدائي .

وقد سبق لنا ان قلنا انه لزيادة كتلة الجسم جراماً واحداً ، ينبغي ان تزوده بطاقة تعادل ٢٥ مليون كيلوواط ساعة . ومن هذا يستنتج بأنه ، عند تحويل جرام واحد من خليط الليثيوم والهيدروجين الى هيليوم ، فيتولد قدر من الطاقة

أقل بـ ٤٠٠ مرة ، أي : $\frac{٢٠٠٠٠٠٠٠}{٦٠.٠٠٠}$ كيلواط ساعة ١

ونجيب الآن على السؤال التالي : ما هي أغلى المواد الموجودة في الطبيعة
(إذا ما نظرنا إلى الوزن) ؟

لقد تعودنا اعتبار أن أغلى مادة هي الراديوم ، الذي كان الجرام الواحد منه يكلف حوالي ربع مليون روبل .
ولكن ، لنحدد الآن ثمن ... الضوء .

في المصابيح الكهربائية يتحول $\frac{١}{٢٠}$ فقط من الطاقة إلى ضوء مرئي . ولهذا
فإن جرام الضوء يعادل كمية شغل يزيد ٢٠ مرة عن ٢٥ مليون كيلواط ساعة ،
أي ٥٠٠ مليون كيلواط ساعة . فإذا اعتبرنا أن ثمن الكيلواط ساعة الواحد
كوبيك (١) واحد فنصل إلى أن ثمن الجرام من الضوء هو ٥ ملايين روبل .
وهكذا فإن الجرام الواحد من الضوء أغلى من جرام الراديوم بعشرين مرة .

النتائج

وإذاً فإن التجارب الدقيقة المقننة تحملنا على الإعتراف بصحة نظرية
النسبية التي تكشف عن الخواص المدهشة للعالم المحيط بنا ، أي تلك الخواص
التي لا يمكن ملاحظتها عند دراسة الأشياء دراسة أولية ، أو بالأصح دراسة سطحية .
ولقد رأينا ما هي التغيرات الجوهرية العميقة التي تدخلها نظرية النسبية على
المفاهيم والتصورات الأساسية التي تكونت لدى البشرية خلال قرون ، نتيجة
لتجربة الحياة اليومية .

أفلا يعني هذا هزيمة التصورات الاعتيادية تماماً ؟

أفلا يعني هذا أن الفيزياء التي تكونت قبل ظهور مبدأ النسبية ، تشطب
وتتبد كعذاء مطاط قديم ولي أوان استعماله ؟

(١) الكوبيك هو أصغر وحدة نقدية في النقود السوفييتية ويساوي $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠٠٠}$ من الروبل .

لو كان الأمر كذلك لكان من غير المجدي القيام بالأبحاث العلمية ، لأنه لا يمكن للمرء أن يكون متأكداً تماماً من أنه لن يظهر في المستقبل علم جديد ينبذ القديم على الإطلاق .

ولنتصور راكباً يسافر لا في قطار آينشتاين بل في قطار ركاب عادي ، وهو يريد ان يجري تعديلاً في توقيت القطار ، أخذاً بعين الاعتبار نظرية النسبية ، خشية ان تتأخر ساعته عن ساعة المحطة . فلو حاول هذا الراكب عمل ذلك فعلاً ، لضحكنا منه . ففي الواقع ان هذا التعديل ليس إلا جزءاً ضئيلاً تأخراً من الثانية ، فحتى مجرد اهتزاز القطار يؤثر اكثر بكثير على أفضل الساعات .

ان المهندس الخبير في الكيمياء الذي يتشكك فيما اذا بقيت كتلة الماء غير متغيرة عند التسخين ام لا ، سيتسرب الحلل الى تفكيره . اما فيما يتعلق بالفيزيائي الذي يراقب اصطدام نويات الذرة ، والذي لا يأخذ بعين الاعتبار تغير الكتلة عند التحولات النووية ، فانه يجب ان يطرد من المختبر لجهله .

ان المصممين الذين يضعون تصميماتهم يستخدمون قوانين الفيزياء القديمة عند تصميم محركاتهم ، لان التعديلات الناشئة عن نظرية النسبية ، تؤثر على ماكيناتهم أقل بكثير من تأثير الجرثوم الذي يحط على حداقة الماكينة . اما الفيزيائي الذي يراقب الالكترونات السريعة ، فمن واجبه ان يأخذ بعين الاعتبار تغير كتلة الالكترونات الناشئة عن تغير السرعة .

وهكذا فان نظرية النسبية لا تقند بل تعمق المفاهيم والتصورات التي كوتها العلوم القديمة ، وتعين الحدود التي يمكن ، في نطاقها ، استخدام هذه المفاهيم القديمة حتى لا تؤدي الى نتائج غير صحيحة . فان جميع قوانين الطبيعة التي اكتشفها الفيزيائيون قبل ظهور نظرية النسبية ، لا تلغى ، بل تعين حدود استخدامها فقط ان التناسب بين الفيزياء التي تأخذ بعين الاعتبار نظرية النسبية ، والتي تدعى بالفيزياء النسبية ، وبين الفيزياء القديمة التي يطلقون عليها اسم الفيزياء الكلاسيكية (التقليدية) ، يشبه التناسب بين المساحة التطبيقية العليا التي تأخذ بعين الاعتبار كروية الارض وبين المساحة التطبيقية الدنيا التي لا تأخذ بعين

الاعتبار كروية الارض . ان المساحة التطبيقية العليا يجب ان تستق عن نسبية مفهوم الخط الرأس ، كما يجب ان تأخذ الفيزياء النسبية بعين الاعتبار نسبية مقاييس الجسم وفترات الزمن بين الحدثين ، مناقضة بذلك الفيزياء الكلاسيكية التي لا تأخذ بعين الاعتبار هذه النسبية .

وكا ان المساحة التطبيقية العليا هي تطور للمساحة التطبيقية الدنيا ، فان الفيزياء النسبية هي تطور وتوسع للفيزياء الكلاسيكية . ويمكننا ان نجري الانتقال من معادلات علم الهندسة الكروية ، اي علم الهندسة على سطح الكرة ، الى معادلات علم الهندسة المستوية ، أي علم الهندسة على السطح المستوي ، اذا ما اعتبرنا ان نصف قطر الارض كبير ، لا نهاية له . ففي هذه الحالة لن تكون الارض كروية ، بل سطحاً مستوياً لا نهاية له . أما الخط الرأسى فستكون له قيمته المطلقة . أي أن مجموع زوايا المثلث سيساوي ، بالضبط ، زاويتين قائمتين .

كما يمكننا ان نجري مثل هذا الانتقال في الفيزياء النسبية كذلك ، إذا ما اعتبرنا ان سرعة الضوء هائلة لا نهاية لها ، اي ان الضوء ينتشر حالاً .

وفي الواقع فاذا كان الضوء ينتشر حالاً ، فان مفهوم الانية يصبح مفهوماً مطلقاً كما رأينا سابقاً . وإن فترات الزمن بين الحوادث ومقاييس الأجسام تكتسب أيضاً معنى مطلقاً دون ان تؤخذ بعين الاعتبار تلك الاختبارات التي يجري منها مراقبتها .

وإذا فان جميع التصورات الكلاسيكية يمكن الاحتفاظ بها ، إذا اعتبرنا ان سرعة الضوء لا نهاية لها .

غير ان كل محاولة للجمع بين سرعة الضوء المحدودة وبين الاحتفاظ بالمفاهيم القديمة عن الفراغ والزمن ستؤدي بنا إلى التردّي في تلك الحالة المؤسّية للإنسان الذي يعرف أن للأرض شكلاً كروياً ، ولكنه واثق مع هذا من أن الخط الرأسى لتلك المدينة التي يقطن فيها هو خط رأسى مطلق فانه يخشى الابتعاد كثيراً عن مكان سكنه لئلا يتهاوى في الفضاء الكوني .

- J. Anglas, d'Euclide à Einstein, Paris 1926.
- Gaston Bachelard, La Valeur Inductive de la Théorie de la Relativité, Paris 1929.
- Lincoln Barnett, The Universe and Dr. Einstein, 4th Ed., London, 1953.
- E.G. Barter, Relatively and Reality, London, 1953.
- b. Bourbon, Einstein a-t-il raison? Paris 1940.
- Louis de Broglie, Continu et discontinu en Physique moderne Paris 1941.
- Paul Couderc, La Relativité (Que sais-je?, 37), Paris 1949.
- A.S. Eddington, Vues générales de la théorie de la Relativité (Trad. de l'Anglais), Paris 1924.
- Albert Einstein, Quatre Conférences sur la théorie de la Relativité (Trad. de l'allemand), Paris 1925.
- Albert Einstein, Comment je vois le monde (trad. de l'allemand), Paris 1939.
- Albert Einstein, The Meaning of Relativity, 4th Ed. Princeton 1953.
- Albert Einstein, Sur le problème cosmologique, théorie de la gravitation générale (trad. de l'anglais), Paris 1951.
- Albert Einstein, Relativity (trad. de l'allemand) 15th Ed. London 1954.
- Ernest Exlangon, La notion de temps, Paris 1938.
- Lucien Fabre, Les théories d'Einstein, Paris 1921.
- Philippe Frank, Einstein, sa vie et son temps, (trad. de l'anglais, Paris 1950.
- M.M. Karpov, Les Idées philosophiques d'Einstein (trad. du russe) in Questions Scientifiques, tome I, Paris 1952.
- Charles Nordmann, Einstein et l'Univers, Paris 1921.
- P.A. Schlipp, Albert Einstein, Philosopher-Scientist, Evanston, 1949.
- Erwin Schrödinger, Space-Time Structure 1e éd., Cambridge 1954.
- H. Thirring, L'idée de la théorie de la Relativité, (trad. de l'allemand), Paris 1923.
- Dr. J.H. Tummers, La théorie de la Relativité restreinte d'Einstein et la logique, Vanlo, 1922
- Général Vuillemin, Introduction à la théorie d'Einstein, Paris, 1922.
- Louis Warnant, Les théories d'Einstein, Paris 1922.

تنويه

في الكتاب الورقي يوجد صفحات فيها صور للعالم أينشتاين ولكن جميع تلك الصور ليست واضحة وغير صالحة للنشر الإلكتروني بسبب طغيان اللون الأسود فيها على معالمها بحيث أن الصورة تظهر مشوهة تماماً لأن الصورة نفسها في الأصل الورقي غير واضحة بالمرّة.

الصفحات التي احتوت على صور فيها ولم يتم سحبها بالسكنر هي:
64 - 69 - 74 - 79 - 84 - 89 - 94 - 101 - 106 - 111

وجميعها لا تحتوي على نصوص ولا على أي شيء يتعلق بنصوص الكتاب لأنها مجرد صور شخصية فقط.